

Juha Huotari

Primäärikasan purun ja sekundäärिकासuksen tuotantoprosessin käyttövarmuuden parantaminen vika- ja vaikutusanalyysin ja kriittisyysluokituksen avulla



Terrafame

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Kevät 2018



KAJAANIN
AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tiivistelmä

Tekijä: Huotari Juha

Työn nimi: Primäärikasan purun ja sekundäärikasauksen tuotantoprosessin käyttövarmuuden parantaminen vika- ja vaikutusanalyysin ja kriittisyysluokituksen avulla

Tutkintonimike: Insinööri (AMK)

Asiasanat: PSK 6800, vika- ja vaikutusanalyysi, kriittisyysluokitus, käyttövarmuus, ennakkohuolto

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Terrafame Oy:n kunnossapito-osasto. Sen tarkoituksena oli suorittaa Terrafamen kaivoksen kasanpurun tuotantoprosessille kriittisyysluokittelu sekä vika- ja vaikutusanalyysi.

Kasanpurun tuotantoprosessi alkaa primääriliuotusalueen kasojen purkamisella. Noin 18 kuukautta liuotuksessa olleet kasat lastataan kuljettimille, jotka kuljettavat malmin sekundääriliuotusalueelle. Sekundääriliuotusalueella purkausvaunu purkaa kuljettimia pitkin tulevan malmin ja lastaa sen sekundääriliuotusalueelle suunnitellun lastausmallin mukaisesti.

Kriittisyysluokittelun apuna käytettiin PSK 6800 -standardia. Standardi antoi pohjaa kriittisyysluokittelun suoritukseen ja kertoimien määrittämiseen.

Kriittisyysluokituksen suoritus aloitettiin määrittämällä käsiteltävät laitteet. Käsiteltävien laitteiden määrä supistettiin niin, että käsittelyyn otettiin mukaan vain päälaitteet. Tämän jälkeen käsiteltävät laitteet kerättiin standardin mukaiselle pohjalle ja määriteltiin näille laitteille tuotannon menetyksen painoarvokerroin. Tämä arvo kuvastaa laitteiden toimimattomuuden vaikutusta tuotantoprosessille. Seuraavaksi määriteltiin laitteiden kriittisyys. Kriittisyys koostuu laitteiden vikaantumismvälistä, keskimääräisestä vikaantumisen aiheuttamasta tuotannon menetyksestä, turvallisuus- ja ympäristövaikutuksesta sekä laatu- ja korjauskustannuksesta. Näiden määrittämiseen käytettiin Maximo-kunnossapitojärjestelmää ja Metso DNA View-ohjelmaa. Lisäksi haastateltiin tuotannon ja kunnossapidon henkilöstöä. Kriittisyysluokituksen lopputuloksena saatiin järjestettyä laitteet kriittisyyden mukaan ja niistä valikoitui viisi kriittisintä laitetta vika- ja vaikutusanalyysiin.

Kaikille viidelle kriittiselle laitteelle etsittiin suoritettua vika- ja vaikutusanalyysin avulla syyt siihen, mistä niiden vikaantuminen muodostuu, mikä johtaa vikaantumiseen ja mitä seurauksia vikaantumisella on. Analyysin lopputuloksena saatiin tehtyä toimenpidesuosituksia, joiden tarkoituksena on antaa suuntaa laitteiden kehittämiseen, jotta vikaantuminen saataisi häviämään tai edes vähenemään.

Työn tavoitteena oli parantaa kasanpurun tuotantoprosessin käyttövarmuutta. Tämän tavoitteen täyttymisen arviointia ei voida kuitenkaan suoraan tehdä pelkästään suoritettujen kriittisyysluokituksen ja vika- ja vaikutusanalyysin perusteella, vaan tavoitteen täyttymistä on seurattava sen mukaan, miten suunniteltuja laitteiden kehitysmuutoksia tehdään. Kehitysmuutosten vaikutus puolestaan käy ilmi vasta ajan myötä, kun vikaantumisia ehkäisevien muutosten vaikutusten lopputulos käy ilmi.

Abstract

Author: Huotari Juha

Title of the Publication: Improvement of Production Process of Primary Heap Reclaiming and Secondary Heap Stacking Utilizing Failure Mode, Effect Analysis and Criticality Classification.

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Keywords: PSK 6800, failure mod, effect analysis, criticality classification, reliability, preventive maintenance

The client of this thesis was the maintenance department of Terrafame Oy with the objective to carry out a criticality classification and failure mode and effect analysis for the ore reclaiming department of the Terrafame mine. The production process of the ore reclaiming department starts with the reclaiming of the primary bioleaching heaps. Heaps, having been for approximately 18 months in bioleaching process, are loaded on to conveyors, which transport the ore to the secondary bioleaching. In secondary bioleaching the ore is unloaded by stacker and loaded to the leaching area according to the loading model. The

PSK 6800 –standard was used to make the criticality classification. The standard was the basis for carrying out the criticality classification, as well as defining the factors.

Making of criticality classification started by defining the machinery to be processed. The amount of machinery to be handled was reduced so that only the main machinery was taken into account. After this, the machinery to be processed was collected to the standardized form and these machines were defined with the value of production loss. This value reflects the effect of failure to the production process. The next step was to define the criticality of the machinery. Criticality consists of time between failures, the average production loss because of failure, safety and environmental impact and the quality and repair costs. To define these the Maximo maintenance program and Metso DNA View –program were used. In addition, the production and maintenance personnel were interviewed. Based on the criticality classification, the machinery could be ranked by their criticality and five of them were chosen to the failure mode and effect analysis.

By running the failure mode and effect analysis, all five critical machines studied regarding reasons, as to what causes their failures, what leads to failures and what effects their failures have. Using the analysis it was possible to make recommendations, which are meant to give advice to develop the machinery so the failures could be removed or at least their amount reduced.

The goal of this thesis was to develop the reliability of the ore reclaiming process. Accomplishing this goal cannot be evaluated only by the criticality classification and FMEA that has been made, but accomplishment must be followed according to how the planned developments are made to the machinery. The effect of developments can only be observed as time passes, when the results of developments to prevent failures are realized.

Alkusanat

Tämä opinnäytetyö on suoritettu Terrafame Oy:n kunnossapidon toimeksiannosta. Haluan kiittää työn toimeksiantajaa kunnossapitopäällikkö Pekka Lappalaista mahdollisuudesta opinnäytetyön tekemiseen, sekä kehittävän ja haasteellisen aiheen tarjoamisesta.

Haluan kiittää myös varaosainsinööri Topi Korhosta, sekä Kajaanin ammattikorkeakoulun opettaja Sanna Leinosta työn ohjaamisesta.

Sisällys

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | Terrafame Oy | 3 |
| 2.1 | Yleistä ja yhtiön omistus | 3 |
| 2.2 | Kaivoksen tuotantoprosessi | 3 |
| 2.3 | Louhinta | 4 |
| 2.4 | Malminkäsittely | 4 |
| 2.5 | Biokasaliuotus | 5 |
| 2.6 | Metallien talteenotto | 6 |
| 3 | Kunnossapito | 7 |
| 3.1 | Kunnossapidon määritelmä | 7 |
| 3.2 | Kunnossapitolajit | 7 |
| 3.3 | Käyttövarmuus | 9 |
| 3.3.1 | Toimintavarmuus | 10 |
| 3.3.2 | Kunnossapitovarmuus | 11 |
| 4 | Terrafamen kunnossapito | 12 |
| 4.1 | Käytössä oleva kunnossapitojärjestelmä | 12 |
| 4.1.1 | Yleistä | 13 |
| 4.1.2 | Nimikkeet ja varastointi | 13 |
| 4.1.3 | Käyttöpaikka | 13 |
| 4.1.4 | Työryhmät ja työtilaukset | 14 |
| 5 | Kasanpurun tuotantoprosessi | 15 |
| 5.1 | Primäärikasan purku ja sekundäärikasaus | 15 |
| 6 | Kriittisyysluokittelu PSK 6800 -standardin mukaisesti | 16 |
| 6.1 | Tuotannon menetyksen painoarvon määrittäminen | 16 |
| 6.1.1 | Tuotannon menetyksen painoarvokerroin | 17 |
| 6.1.2 | Tuotantoyksikön painoarvokerroin | 17 |
| 6.1.3 | Tuotantolinjan painoarvokerroin | 18 |
| 6.1.4 | Prosessin painoarvokerroin | 18 |
| 6.1.5 | Osaproessin painoarvokerroin | 18 |
| 6.2 | Laitteiden kriittisyyden määrittäminen | 18 |
| 6.2.1 | Turvallisuus ja ympäristö | 19 |
| 6.2.2 | Tuotantovaikutukset | 19 |

| | | |
|-------|---|----|
| 6.2.3 | Korjaus- ja seurauskustannukset | 20 |
| 6.2.4 | Laitetason kriittisyyden tekijät | 20 |
| 6.3 | Kriittisyysluokituksen tuloksien analysointi..... | 21 |
| 7 | Vika- ja vaikutusanalyysi | 23 |
| 7.1 | Vika- ja vaikutusanalyysin rakenne..... | 23 |
| 7.2 | Tarvittavan tiedon hankinta | 24 |
| 7.3 | Vikaantumismallit | 24 |
| 8 | Nykyinen tilanne ja tavoitteet..... | 26 |
| 9 | Kriittisyysluokittelun laatiminen..... | 27 |
| 9.1 | Käyttöpaikkojen rajausta | 27 |
| 9.2 | Tuotannon menetyksen painoarvo | 28 |
| 9.3 | Vikaantumisvälin määrittäminen..... | 29 |
| 9.4 | Turvallisuusriskin painoarvokertoimien määrittäminen..... | 30 |
| 9.5 | Ympäristöriskin painoarvokertoimien määrittäminen | 31 |
| 9.6 | Tuotannonmenetyksen painoarvokertoimien määrittäminen..... | 31 |
| 9.7 | Korjauskustannusten painoarvokertoimien määrittäminen..... | 32 |
| 9.8 | Laatukustannusten painoarvokertoimien määrittäminen..... | 33 |
| 10 | Kriittisyysluokituksen tulosten tarkastelu | 34 |
| 11 | Vika- ja vaikutusanalyysin laatiminen kriittisille laitteille | 35 |
| 11.1 | Vika- ja vaikutusanalyysin laatiminen | 35 |
| 11.2 | Vika- ja vaikutusanalyysin tulosten tarkastelu..... | 37 |
| 12 | Kriittisyysluokituksen ja vika- ja vaikutusanalyysin lopputulosten tarkastelu | 38 |
| 13 | Laitteiden ennakko- ja huoltotyöt..... | 39 |
| 13.1 | Ennakkohuoltojen nykyinen tilanne | 39 |
| 14 | Kriittisten varaosien määrittäminen ja tilanne | 41 |
| 15 | Yhteenveto..... | 43 |
| | Lähteet..... | 44 |
| | Liitteet | |

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on parantaa primäärikasan purun ja sekundäärikasauksen tuotantoprosessin käyttövarmuutta. Opinnäytetyön toimeksiantaja on Terrafame Oy:n mekaanisen kunnossapidon osasto. Tuotantoprosessien käyttövarmuuden parantaminen on kunnossapidon osaston yksi päätavoitteista, jotta kaivoksen ylösajo ja kasvavat tuotantotavoitteet saataisiin toteutettua. Käyttövarmuuden parantamiseen on Terrafame Oy:n kunnossapidon osastoilla aloitettu määrittämään tuotantolaitteiden kriittisyys ja vikaantumiset PSK 6800 -standardin mukaisesti kriittisyysluokituksen ja vika- ja vaikutusanalyysin avulla.

Terrafame Oy:n Sotkamon kaivoksen ylös ajo alkoi vuonna 2015 ja tuotantomäärien sekä tuotantotavoitteiden nopea kasvu on mahdollistanut kaivostoiminnan jatkumisen kyseisellä kaivoksella. Tuotannollisten paineiden alla myös kunnossapidon osaston on ollut kyettävä vastaamaan kohonneisiin käyttöasteisiin. Kunnossapidollisen osaamisen ja ennakoivan kunnossapidon kehityksen myötä on tuotantoprosessien käyttövarmuutta saatu parannettua tavoitteiden suuntaan.

Primäärikasan purun ja sekundäärikasauksen prosessilaitteiden kunnossapidolliset ennakoivat huollot ja tarkastukset ovat tulleet osaksi normaalia päivittäistä toimintaa tuotannon kehityksen mukana. Suurimmalle osalle laitteista on suunniteltu ennakko- huoltostrategiat jo prosessilaitteen kasa- ja toimitusvaiheessa, mutta osalle laitteista on jouduttu päivittämään ennakko- huoltostrategiaa tai luomaan sellainen kokonaan, jotta on voitu vastata laitteen vaatimia kunnossapidollisia tarpeita.

Tehtävänannon tarkoituksena oli tehdä PSK 6800 -standardin mukainen kriittisyysluokittelu ja vika- ja vaikutusanalyysi, joiden perusteella määritettiin tuotannollisesti kriittiset laitteet. Kriittisten laitteiden määrittämisen tarkoituksena oli löytää tuotantoprosessin kannalta tärkeimmät laitteet, joiden vikaantumisväleihin, vikaantumistapoihin ja vikaantumismalleihin voitaisiin vaikuttaa kohdistamalla ennakko- huollot oikeanaikaisesti ja oikealle laitteelle. Laitteille tehtiin lopuksi vielä ennakko- huoltojen läpikäynti ja mahdolliset päivitykset ennakko- huoltoihin.

Tuotantoprosessin kriittisyysluokituksen ja vika- ja vaikutusanalyysin pohjalta tehdyillä havainnoilla ja kehitysehdotuksilla pyritään saavuttamaan primäärikasan purun ja sekundäärikasauksen tuotantoprosessissa korkeampi käyttövarmuus.

Tässä opinnäytetyössä perehdytään aluksi Terrafame Oy:n Sotkamon kaivoksen tuotantoprosessiin, jonka jälkeen taustoitetaan kunnossapidon peruskäsitteitä ja kunnossapidon merkitystä Terrafame Oy:n kaivoksella. Tämän jälkeen perehdytään tuotantoprosessin aihealueeseen, kriittisyysluokitukseen ja vika- ja vaikutusanalyysiin. Sen jälkeen suoritetaan kriittisyysluokitus ja vika- ja vaikutusanalyysi, joista saatavien tulosten perusteella tehdään toimenpidesuosituksia. Toimenpidesuosituksien lisäksi käydään kriittisten laitteiden osalta ennakkohuollot ja kriittiset vara-osat läpi ja tarkastetaan mahdolliset puutteet. Lopuksi tarkastellaan saatuja tuloksia ja ovatko opinnäytetyön tavoitteet täyttyneet.

2 Terrafame Oy

2.1 Yleistä ja yhtiön omistus

Suomalainen monimetalliyhtiö Terrafame Oy on entisen Talvivaara Sotkamo Oy:n kaivostoiminnan nykyinen omistaja. Terrafame Oy osti konkurssiin ajautuneen liiketoiminnan vuonna 2015 ja alkoi jatkamaan kaivostoimintaa Sotkamossa sijaitsevalla Kuusilammen avolouhoksella. Yhtiön malmivarannot kuuluvat Kainuun liuskevyöhykkeen piiriin ja yhtiölle kuuluvat myös Kolmisopen alueen malmivarannot.

Marraskuussa 2017 julkistetun uuden rahoituksen myötä Terrafame Oy kertoi tulevaisuuden visioistaan saavuttaa tuotannon ylös ajo loppuun ja kehittää sulfaattihankkeitaan. Lisäksi Terrafame Oy ilmoitti kiinnostuksensa sähköautojen akkujen mahdollisesta valmistamisesta. Uuden rahoituksen myötä ja lainan rahoituksen järjestelykulujen jälkeen Terrafame Group omistaa Terrafamesta 71,2 %. Muita omistajia ovat Galena 28,7 % osuudella ja Sampo 0,1 % osuudella. [1.]

2.2 Kaivoksen tuotantoprosessi

Terrafame Oy:n tuotantoprosessin tarkoituksena on tuottaa nikkeliä, sinkkiä, kuparia ja kobolttia. Yhtiöllä on tarkoituksena aloittaa myös sivutuotteena tulevan uraanin talteenotto, jos kaivokselle saadaan uraanin talteenottoon tarvittavat luvat. Tällä hetkellä uraania kertyy nikkelituotteeseen epäpuhtautena heikentämään nikkelituotteen laatua ja osa uraanista päätyy kipsisakan mukana jätealueelle.

Terrafame Oy:n Sotkamon avolouhoksen tuotantoprosessi alkaa malmion päällä olevan maakerroksen kuorimisella. Kuorimisen jälkeen poistetaan malmion päällä oleva sivukivikerros, jonka jälkeen päästään louhimaan malmiota. Malmi lastataan raskaisiin kaivoskuorma-autoihin, jotka kuljettavat malmin esimurskaukseen. Esimurskauksesta tavara siirtyy kuljettimia pitkin sekundäärimurskaukseen ja tämän jälkeen primääriseulojen kautta joko alitteena agglomerointiin tai ylitteenä suljettuun murskaus-seulontapiiriin, josta malmi päätyy sekundääriseulojen alitteena agglomerointiin, kun se on halutun kokoista. Agglomeroinnissa malmiin suihkutetaan PLS-liuosta ja malmi siirtyy kuljettimia pitkin pyöriviin agglomerointirumpuihin. Tämän jälkeen malmi siirretään kuljettimia pitkin primäärikentälle, jossa biokasaliuotuksen avulla malmia sidotaan liuokseen. Kun kiertävä

liuos on tarpeeksi malmipitoista, se ohjataan metallien talteenottoon, jossa halutut metallit sidotaan eri vaiheissa saostamalla ja saadaan talteen. [2.]

2.3 Louhinta

Terrafame Oy:n Sotkamon kaivoksen louhinta tapahtuu avolouhoksessa. Malmikentät piirretään 3D-malliksi, jonka perusteella suoritetaan panostaminen ja räjäytys. Lastauskonen kuljettaja voi 3D-mallin perusteella nähdä, onko lastattava malmi tarpeeksi rikasta kuljettaa murskaukseen vai siirretäänkö se sivukivialueelle. Malmi ja sivukivi siirretään louhokselta raskaiden kaivoskuorma-autojen avulla. [2.]

2.4 Malminkäsittely

Kaivoksella murskaus tapahtuu neljässä vaiheessa. Ensimmäisen vaiheen murskaus eli primäärimurskaus tapahtuu karkeamurskaamolla. Kiviautot kippaavat kuormansa karkeamurskaamon monttuun, jossa yksi karkeamurskain suorittaa ensimmäisen vaiheen murskauksen. Jos murskaimen monttuun menee liian isoa kiveä, niin joudutaan käyttämään kiinteää hydraulista iskuvasaraa.

Primäärimurskauksesta malmi kuljetetaan kuljettimia pitkin välivarastoon. Välivarastosta malmi siirretään syöttimien kautta kuljettimelle, joka kuljettaa malmin sekundäärimurskauksen siiloihin. Siiloista malmi valuu sekundäärimurskiin. Sekundäärimurskauksessa käytetään kolmea sekundäärimurskainta.

Sekundäärimurskauksen jälkeen malmi siirretään kuljettimilla primääriseulojen siiloihin. Siilosta malmi syötetään kaksitasoisten primääriseulojen verkkojen päälle, josta alite päättyy kuljettimelle, joka siirtää malmin agglomerointiin ja ylite päättyy kuljettimelle, joka siirtää malmin tertiäärimurskaukseen. Tertiäärimurskauksessa käytetään neljää tertiäärimurskainta. Tertiäärimurskauksen läpikäynyt malmi kuljetetaan kuljettimilla takaisin seulomoon, jossa malmi syötetään kaksitasoisille sekundääriseuloille. Sekundääriseuloja on käytössä kymmenen kappaletta. Sekundääriseulojen alite päättyy agglomerointiin vievälle kuljettimelle ja ylite kuljetetaan kvartäärimurskaukseen. Kvartäärimurskia on käytössä kuusi kappaletta. Kvartäärimurskauksen jälkeen malmi siirretään kuljettimia pitkin taas sekundääriseulaukseen. Malmi kiertää suljetussa piirissä sekundääriseulojen ja kvartää-

rimurskien välillä, kunnes se läpäisee sekundääriseulojen alemman tason 12,5 mm verkon.

Seulojen alite kuljetetaan kuljettimia pitkin agglomeroinnin siiloon, josta malmi syötetään neljälle kuljettimelle. Kuljettimilla malmiin suihkutetaan PLS-liuosta, ennen kuin malmi lastataan agglomeroitirumpuihin. Rummuissa malmi sekoitetaan PLS-liuoksen kanssa. Tämän jälkeen malmi lastataan kuljettimelle, joka vie malmin primäärikentälle. Primäärikentällä olevan siltakuljettimen purkausvaunu purkaa malmin kentälle oikeaan korkoon.

Primäärikentälle purettu malmi on bioliuotuksessa noin 18 kuukautta, ennen kuin se aloitetaan siirtämään sekundäärikentälle. Primäärikasan purku alkaa primäärikasojen länsi- ja itälaitojen luiskaamisella. Luiskaamisen tarkoituksena on tehdä ramppi jyrsimille, että ne pääsevät jyrsinkentälle. Tämän jälkeen jyrsimet menevät jyrsimään primäärikenttää ja raskaat pyöräkuormaajat tulevat puhdistamaan jyrsimien alueen. Puhdistuskoneet työntävät irtomateriaalin syöttökentälle, jossa syöttimiä syöttämässä olevat pyöräkuormaajat siirtävät irtomateriaalin syöttimiin. Kasanpurussa on käytössä kaksi kappaletta hihnasyötinvaunuja. Syötinvaunujen kuljettimet siirtävät purkumateriaalin primäärikasan purun siltakuljettimelle. Siltakuljettimelta purkumateriaali siirtyy lastausvaunun kautta seuraavalle kuljettimelle. Useiden kuljettimien ja suppiloiden jälkeen purkumateriaali saapuu sekundäärikasauksen siltakuljettimelle, missä materiaali siirtyy sillalla olevan purkausvaunun kautta sekundäärikentälle. Sekundäärikenttä on malmin loppusijoituspaikka.

2.5 Biokasaliuotus

Biokasaliuotus käynnistetään, kun malmi menee agglomeroitirumpuun ja siihen suihkutetaan mietoa rikkihappoliuosta, kutsumanimeltään pelssiliuosta. Tämän jälkeen malmi kasataan primäärikentälle bioliuotukseen, jossa sitä kastellaan bakteeriliuoksella ja rikkihapolla. Kasaan puhalletaan lämpöä ilmastusputkien kautta, jotta kasan lämpötila pysyisi optimaalisena liuotuksen aikana. Liuosta kierrätetään kasassa, että liuoksesta saataisi tarpeeksi rikasta, jotta se olisi helpompi käsitellä metallien talteenottovaiheessa. Bioliuotuskasan pohjakerroksella sijaitsee bentoniittimatto, jonka tarkoituksena on varmistaa, ettei liuos pääse maaperään. Seuraavassa kerroksessa on HDPE-kalvo. Sen tarkoituksena on myös estää liuoksen pääsy maaperään. Kalvon päällä on kaksikerroksinen synteettinen salaojakangas, joka suojaa HDPE-kalvoa malmin tuomalta piste-kuormalta. Salaojakankaan päälle tulevat salaojaputket, joita pitkin liuos virtaa kasan

alta. Salaojaputkien päälle tulee murskekerros, jotta salaojaputkien ympärillä oleva maakerros ei tiivistyisi liikaa. Murskekerroksen päälle tulevat ilmastusputket, joita pitkin puhalletaan lämmintä ilmaa kasaan. Ilmastusputkien päälle tulee liuotuskasa ja kasan päälle kasteluputket. Sekundäärikasalla käytetään samaa kasaprofiilia. [2.]

2.6 Metallien talteenotto

Metallien talteenotossa erotetaan bioliuotuksesta tulleesta metallisulfaattiliuoksesta arvometallit. Arvometallien erottaminen liuoksesta tapahtuu saostamalla liuos kemikaalien avulla. Talteenotossa eri arvometallit saostetaan eri vaiheessa, jotta saadaan halutut metallit talteen erillään. Saostuksessa koetetaan saada aikaan kirkasta ylitettä ja sakeaa alitetta. Saostaminen tapahtuu rikkivedyllä, ja apuna käytetään flokkulointiainetta.

Ensimmäisessä vaiheessa saostetaan kupari. Kupari saostetaan alhaisella pH:lla ja sillä on lyhyt viipymä. Seuraavaksi saostetaan sinkki. Sinkki saostetaan rikkivedyn avulla ja tarpeen tullen voidaan nostaa pH:ta lipeän avulla. Sinkin saostamisen jälkeen saostetaan nikkeli. Nikkeli saostuu korkeimmassa pH-arvossa, ja syötettä on esineutraloitava kalkkikivilietteellä, jotta saavutettaisiin tarpeeksi korkea pH. Lopuksi syötteestä erotetaan rauta pelkistämällä Fe_3 , joka pelkistyy Fe_2 :ksi. [2.]

3 Kunnossapito

3.1 Kunnossapidon määritelmä

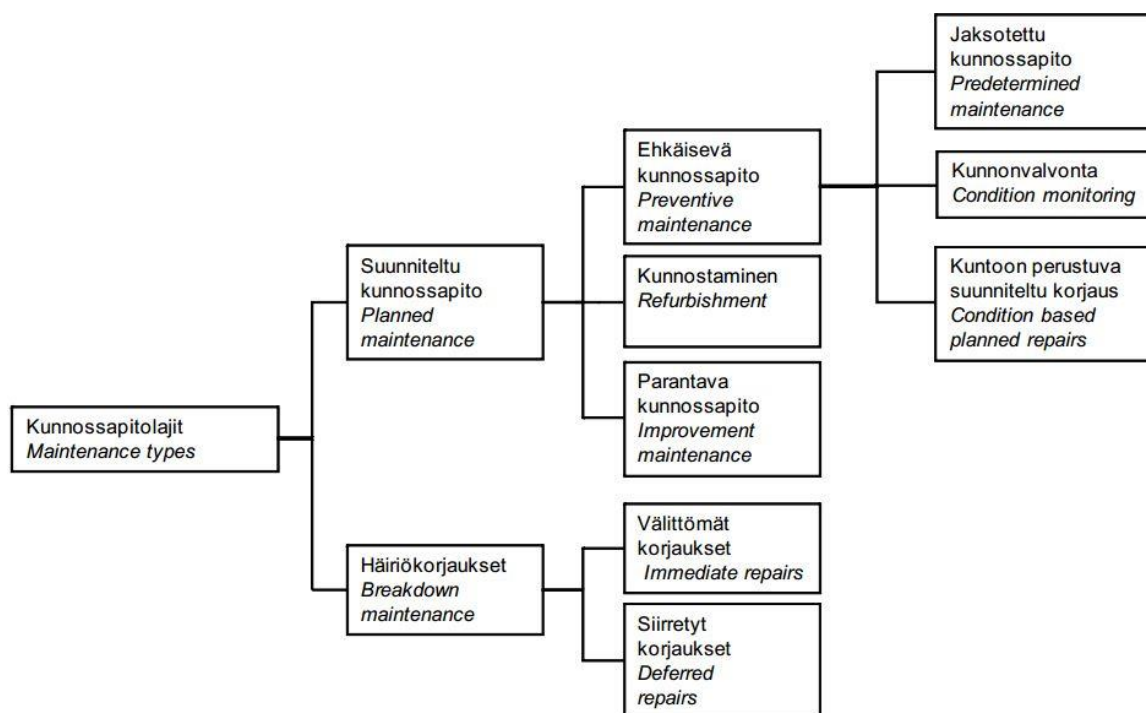
Monesti kunnossapito käsitetään vikakorjauksiin keskittyneenä osastona. Nykyaikaisen määrittelyn mukaan kunnossapidon tarkoitus on pitää laitteet mahdollisimman paljon käyttökuntoisina. Tämä määritelmä pitää sisällään laajan kokonaisuuden erilaisia kunnossapidollisia toimia. Vaikka nykyaikainen kunnossapito hoitaa myös vikaantuneita ja täysin rikkoutuneita laitteita ja komponentteja, niin silti se ei ole kunnossapidon päätaarkoitus.

Kunnossapito-osasto vastaa laitteiden ja komponenttien vaativista toimenpiteistä, kuten laitteiden korjaukset, ennakkoahuollot ja vaativa kunnonvalvonta. Näillä toimenpiteillä kunnossapito-osasto pyrkii säilyttämään omalta osastoltaan vaadittavan työpanoksen laitteiden käyttökunnon ylläpitämiseen. Laitteiden käyttökunnon ylläpitäminen vaatii kunnossapito-osaston lisäksi myös muiden laitteita käyttävien osastojen aktiivista seurantaa ja ammattitaitoista käyttöä.

Kunnossapito määritellään useiden standardien mukaan, ja kunnossapidosta löytyy määritelmiä useista alaa koskevista kirjoista. SFS-EN 13306 -standardi määrittelee kunnossapidon seuraavasti: "Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon."[3.]

3.2 Kunnossapitolajit

Kunnossapito jaetaan PSK 7501 -standardin mukaisesti kuvan 1 esittämällä tavalla eri lajeiksi. Jaottelu selkeyttää kunnossapidollisten toimien seurantaa ja on tärkeä osa tehokkaan ja kohdistetun kunnossapidon toimintaa. [4.]



Kuva 1. Kunnossapitolajit [4.]

Standardin mukainen jäykistetty kunnossapidon jaottelu on ajan saatossa jäänyt kunnossapidon kehityksen myötä puutteelliseksi, mutta toimivaksi ratkaisuksi. Standardi ei esimerkiksi tunne vikaan ajamista, jolloin laitteelle ei kohdisteta erityisiä kunnossapidollisia toimia ja huoltoja, ennen kuin laitteeseen tulee vika. Tällöin laite korjataan tai vaihdetaan uuteen. Tämä kunnossapidollinen ratkaisu voidaan toteuttaa vain, jos laite on vähäarvoinen tuotannon menetykseen nähden tai halpa.

Kunnossapitolajit voidaan jakaa viiteen eri päälajiin, jotka voidaan nähdä jokapäiväisessä kunnossapitotoiminnassa. Nämä kyseiset lajit ovat huolto, ehkäisevä kunnossapito, korjaava kunnossapito, parantava kunnossapito sekä vikojen ja vikaantumisten selvittäminen.

- Huoltamalla pidetään laitteiden käyttöominaisuuksia ja palautetaan laitteen heikentynyt toimintakyky, ennen vikaantumisen syntymistä. Huolto on usein jaksotettua toimenpidettä, joka tehdään usein käytön rasittavuuden, käyttöajan tai -määrän mukaan.
- Korjaava kunnossapito tarkoittaa vikaantuneen osan tai komponentin korjausta. Korjaava kunnossapito voidaan jakaa suunniteltuun kunnostukseen tai suunnittemattomaan häiriökorjaukseen. Korjaavia kunnossapidollisia toimia ovat esimerkiksi vian paikallistaminen, korjaus ja vian määrittäminen.

- Ehkäisevä kunnossapito on kohteen suorituskyvyn tai parametrien seuraamista. Ehkäisevän kunnossapidon tavoitteena on vähentää vikaantumisen todennäköisyyttä tai laitteen toimintakyvyn heikkenemistä. Yleensä ehkäisevää kunnossapitoa tehdään aikataulutettuna tai jatkuvana, mutta tarpeen mukaan myös sitä tehdään, kun kohteen tila sitä vaatii. Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluu esimerkiksi tarkastaminen, kunnonvalvonta ja toimintakunnon testaaminen.
- Parantava kunnossapito tarkoittaa koneiden käytettävyyden ja luotettavuuden parantamista sekä kunnossapidollisesti vaikeitten kohteiden muuttamista paremmiksi. Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmeen ryhmään. Ensimmäiseen ryhmään kuuluu esimerkiksi uusien komponenttien tai osien vaihtaminen laitteeseen, mutta laitteen suorituskykyä ei muuteta. Toiseen ryhmään kuuluu laitteeseen tehtävät suunnittelut ja korjaukset, joiden tarkoituksena on parantaa laitteen luotettavuutta. Tässäkään laitteen suorituskykyä ei muuteta miksiäkään. Kolmanteen ryhmään kuuluu laitteen modernisointi. Tässä laite uudistetaan siihen kuntoon, että sillä voi toteuttaa esimerkiksi kasvaneen tuotannon tarpeet. Monesti modernisoitavat laitteet ovat itsessään niin kustannuksiltaan kalliita laitteita romuttaa tai hankkia uusi, että on järkevämpää uudistaa laite, jos sen tuotantokapasiteetti vain riittää toteuttamaan kasvaneet tarpeet.
- Vikojen ja vikaantumisten selvittäminen tarkoittaa laitteen vian perussyyn sekä vikaantumisprosessin selvittämistä. Vikaantumisprosessin ja perussyyn selvittämisen jälkeen voidaan suunnitella ja toteuttaa toimenpiteitä, joilla voitaisiin ehkäistä vikaantumisen uusiutuminen. Tavanomaisia menetelmiä vikojen ja vikaantumisten selvittämiseen ovat vika-analyysi, perussyyn selvittäminen ja materiaalianalyysi. [5.]

3.3 Käyttövarmuus

Käyttövarmuudella tarkoitetaan kohteen toimintakykyä suorittaa siltä vaadittua toimintoa tai tehtävää sille määrätyssä ajassa. Käyttövarmuuden määrittämiseen kuuluu myös kohteen kyky toimia vikaantumatta sekä kohteen käyttökuntoon palauttaminen sen vikaantumtua.

Käyttövarmuuden määritelmään on olemassa myös standardi PSK 6201, jonka mukaan: ”käyttövarmuus on kohteen kyky olla tilassa, jossa se kykenee suorittamaan vaaditun

toiminnon tietyissä olosuhteissa ja tietyllä ajan hetkellä tai tietyn ajanjakson aikana olettaen, että vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla”. [5.]

Käyttövarmuuden tärkeyden ymmärtäminen on tullut osaksi kunnossapitojärjestelmiä ja tuotantolaitoksia ajan saatossa. Käyttövarmuuden ylläpitämisen laiminlyönnit näkyvät parhaiten hallitsemattomissa tuotantokatkoksissa ja suurissa vikaantumismäärissä. Suunnittelemattomat tuotantokatkokset voivat olla tuotannonmenetysten kannalta ja korjauskustannusten kannalta hyvinkin korkeita. Tuotannonmenetykset voivat vaikuttaa myös negatiivisesti tuotantolaitoksen toimitusvarmuuteen ja tuotteiden laatuun.

Käyttövarmuuden parantamiseen ja korkean käyttövarmuuden ylläpitämiseen panostaminen vaatii monesti tehokasta ja aktiivista työskentelyä kunnossapidon ja tuotannon osastoilta. Tehokkaan työn saavuttaminen saattaa vaatia resurssien lisäämistä, laitteita parantavia investointeja ja tehokasta suunnittelua. Nämä lisäävät suoraan kokonaiskustannuksia, ja liian monesti se katsotaan negatiivisena asiana, vaikka se näkyisikin suoraan käyttövarmuuden paranemisena. [5.]

3.3.1 Toimintavarmuus

Toimintavarmuudella tarkoitetaan kohteen tarkasteltavan kohteen kykyä suorittaa siltä vaadittu toiminto määrätyissä olosuhteissa vaaditun ajanjakson ajan. Toimintavarmuutta mitataan vikavälein, eli kuinka suuri ajanjakso kuluu kahden peräkkäisen vian välisenä aikana. Toimintavarmuuteen vaikuttavat seuraavat tekijät:

- Rakenteellinen kunnossapidettävyyys, joka sisältää vian etsinnän helppouden, vian luokse päästävyiden ja vian korjauksen helppouden.
- Laitteen konstruktio, joka tarkoittaa laitteen suunnittelun lähtötietoja, materiaaleja ja niiden mitoitusta sekä suunnittelua.
- Asennus, joka tarkoittaa asennuksen suorittamista, laitteen luovuttamista käyttöön, käyttöopastusta, kunnossapitosuunnitelmia sekä muita dokumentaatioita.
- Laitteen käyttö, joka tarkoittaa laitetta käyttävän henkilöstön osaamista, koulutusta ja motivaatiota.
- Varmennus, jolla tarkoitetaan saatavuutta ja valintatapaa. [5.]

3.3.2 Kunnossapitovarmuus

Kunnossapitovarmuus määritellään kunnossapito-organisaation kyvystä suoriutua sille osoitetuista tehtävistä määrättyssä aikamääreessä. Kunnossapitovarmuuden toimimiseen vaikuttaa kuusi asiaa, jotka ovat:

- Rutiinit ja systeemit, joka tarkoittaa kunnossapitotoiminnan suunnitelmallisuutta ja yhteistyötä laitetta käyttävien organisaatioiden kanssa.
- Hallinto, joka tarkoittaa organisaation johdon ja toiminnan aktiivista ohjausjärjestelmää.
- Korjausvälineet, jolla tarkoitetaan huoltamisessa ja korjaamisessa käytettävien työkaluja ja välineitä.
- Dokumentaatiot, jolla tarkoitetaan työsuoritukseen tarvittavia ajantasaisia ja oikeita ohjeita.
- Varaosat ja materiaalit, jolla tarkoitetaan työssä tarvittavien varaosien saatavuutta ja varastointia
- Kunnossapitäjät, jolla tarkoitetaan työn suorittavaa osastoa. [5.]

4 Terrafamen kunnossapito

Kunnossapito-osasto suorittaa Terrafamen kunnossapitotyöt, mutta myös tuotanto-osasto osallistuu omalla työpanoksellaan alustaviin töihin ja yksinkertaisesti suoritettaviin kunnossapidollisiin töihin. Alustavat työt ovat pääosin mekaanisia puhdistuksia ja pesuja, ja yksinkertaiset kunnossapidolliset työt ovat esimerkiksi kuljettimien rullien vaihtoja.

Terrafamen kunnossapito-osastoa johtaa kunnossapitojohtaja, jonka alaisuudessa toimii kuusi päällikköä omien alueidensa päällikköinä. Nämä alueet on jaoteltu liikkuvan kaluston kunnossapitoon, sähköautomaatioon, malminkäsittelyyn, metallientalteenoton, bio-liuotuksen ja vesienhallinnan mekaaniseen kunnossapitoon, kunnossapidon ja järjestelmien kehittämiseen sekä projektiosastoon. Näiden alueiden päälliköiden alaisuudessa toimivat omien pienempien alueidensa kunnossapitotöiden johtajina työnsuunnittelijat ja työnjohtajat.

Alueellisten kunnossapitotöiden työnjohtajat ja työnsuunnittelijat toimivat omien alaistensa kanssa pääosin päiväkunnossapidossa arkipäivisin. Päiväkunnossapidon lisäksi alueella toimii jokapäiväisesti vuorokunnossapito, sekä tietyillä alueilla päiväkunnossapito toimii käytössä olevan TAM 1/7 10 h työaikamuodon mukaan. Päiväkunnossapidon ensisijaisena tehtävänä on suorittaa päivittäiseen kunnossapitoon liittyvät tarkastukset ja ennakkohuollot omalla alueellaan. Päiväkunnossapito lisäksi suunnittelee ja toteuttaa oman vastuualueensa huoltoseisokit, kehittämiset ja suuret vikakorjaukset. Lisäksi päiväkunnossapito hoitaa joskus kiireellisiä vikakorjauksia, jos vuorokunnossapitoa ei ole saatavilla. Vuorokunnossapidon tehtävänä on korjata tuotannon pysäyttävät viat, jos ne eivät ole todella suuria ja jos vuorokunnossapidon resurssit riittävät niiden korjaamiseen. Vuorokunnossapito toimii alueella ympärivuorokautisesti.

4.1 Käytössä oleva kunnossapitojärjestelmä

Terrafamen organisaation käytössä on Maximo-tietojärjestelmä. Sitä käytetään päivittäisessä toiminnassa koko kaivoksen alueella, ja se on todella tärkeä työkalu päivittäisen toiminnan ylläpitämiseen. Kunnossapito-osasto käyttää Maximoa esimerkiksi työtilausten ja työpyyntöjen tekoon, varaosien hakuun ja ostopyyntöjen tekoon.

4.1.1 Yleistä

Maximo on IBM:n (International Business Machines Corporation) kehittämä kunnossapitajärjestelmä. Vuoden 2018 alussa vanha Maximo järjestelmä päivitettiin Maximo 7.6 -järjestelmään, joka toi mukanaan uusia toimintoja ja järjestelmän kehittäminen vastamaan eri osastojen tarpeita voitiin ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Maximon käyttö helpottaa kaikkien kaivoksella työskentelevien osastojen päivittäistä toimintaa ja esimerkiksi varaosakulujen seurantaa. [6.]

4.1.2 Nimikkeet ja varastointi

Nimike tarkoittaa juoksevaa numerosarjaa, joka määritetään varastoitavalle laitteelle tai varaosalle. Nimikkeiden tekemisestä huolehtii rajattu määrä henkilöitä, jottei järjestelmään ilmestyi ylimää räisiä tai turhia nimikkeitä. Nimikkeille määritetään varastoarvot, tilauspisteet ja tilausmäärät. Lisäksi nimikkeelle määritellään toimittaja, jolta nimikettä tilataan, kun nimikkeen varastossa oleva määrä alittaa tilauspisteen.

Nimikkeet laitetaan yleensä jonkin laitteen alle varaosaksi, että ne löytyvät mahdollisimman helposti, kun laitteen huoltoa suunnitellaan. Nimikkeille määritellään varastopaikka, jonka perusteella nimike on helposti löydettävissä varastopaikan ja hyllypaikan perusteella, jos varastointi on onnistunut oikein. [7.]

4.1.3 Käyttöpaikka

Käyttöpaikka on jollekin laitteelle määritelty positio, jonka perusteella laite voidaan tunnistaa muista laitteista. Käyttöpaikka koostuu yleensä numero- ja kirjainsarjasta, esimerkiksi primäärikasanpurun siltakuljettimen käyttöpaikka on 365KUL0003. Ensimmäinen numerosarja kertoo, että käyttöpaikka kuuluu primäärikasan purkamisen alueelle. Ensimmäinen numerosarja on määritelty jokaiselle alueelle suunnitteluvaiheessa, ja siinä on käytetty juoksevaa numerosarjaa hyödyksi. Esimerkkikäyttöpaikan kolme kirjainta keskellä kertovat, että kyseessä on kuljetin. Kirjainyhdistelmän määrittämiseen on käytetty yleensä jotain lyhennettä kyseisestä laitteesta. Esimerkiksi murskat ovat lyhenteellä MRK ja jyrsimet ovat lyhenteellä JRS. Viimeiset neljä numeroa esimerkkikäyttöpaikassa ovat juokseva numerosarja. Viimeiset numerot ovat yleensä loogisessa järjestyksessä

materiaalin kulkusuunnan mukaan. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi jos kuljettimelle lastataan materiaalia, jonka se syöttää seuraavalle kuljettimelle, niin ensimmäinen kuljetin, jolle materiaali lastataan, merkataan numerosarjalla 0001. Seuraava kuljetin, jolle ensimmäinen syöttää materiaalia, merkataan numerosarjalla 0002. [7.]

4.1.4 Työryhmät ja työtilaukset

Työryhmät ovat jokaisen osaston alueellinen ryhmä. Esimerkiksi kasanpurun mekaanisen kunnossapidon työryhmä on 1092 ja malminkäsittelyn hienomurskaamo-seulomoalueen mekaanisen kunnossapidon työryhmä on 1090. Työryhmien numerot on määriteltä pääosin juoksevan numeron perusteella, mutta joillain ryhmillä numero ei ole juokseva. Tämä poikkeavuus johtuu usein siitä, että on tullut uusia työryhmiä tuotantoprosessin kierron väliin ja seuraava juokseva numero on jo ollut varattu. Työryhmän avulla alueelle kohdistuvat työt on helppo kohdistaa oikealle työryhmälle. Työryhmän numeron perusteella on helppo hakea oman työryhmänsä työt ja suunnitella seuraavan viikon ja seuraavan huoltoseisokin työt.

Työtilaukset ovat työryhmille kohdistettuja töitä. Työtilaukset määrittelevät suurin piirtein, mitä töitä tehdään milloinkin ja kuinka suurella työntekijäresurssilla. Työtilauksiin merkitään laitteen käyttöpaikka, tehtävä työ, varaosat, työryhmä, työn viimeinen suorituspäivämäärä, työnsuorittajien määrä, työn laji ja tiliöintinumero. Työn lajilla tarkoitetaan, että onko työ esimerkiksi siirrettyä vikakorjausta tai parantavaa kunnossapitoa. Tiliöinnillä työssä käytettyjen varaosien kustannukset määräytyvät oikean osaston kustannuksiksi. Kuvassa 2 on esimerkki työtilauksesta. [7.]

| Työtilauksen tiedot | | |
|--|---|-----------------|
| 13058685: 370KAA0001 Asennetaan rumpukaavari | | |
| Omaisuus: 51078 | Rumpukaavari | |
| Sijainti: 370KAA0001 | Rumpukaavari, vetorumpu, 370KUL0001 Vetopää | |
| Ajoitettu aloitus: | Toimipaikka: PROJEKTI | Työsuunnitelma: |
| Ajoitettu lopetus: | Prioriteetti: | Esimies: |
| Suunniteltu aloitus: | Työlaji: MTOS | Johtohenkilö: |
| Suunniteltu lopetus: 14.2.2018 | Tila: COMP-CHK | Toimittaja: |
| Todellinen aloitus: 23.2.2018 | Ylätason objekti: 13047622 | Omistaja: |
| Todellinen lopetus: 23.2.2018 | Toimintahäiriön luokka: | Omistajaryhmä: |
| Raportin päivämäärä: 9.2.2018 | Virhekoodi: | Palvelu: |
| Raporttija: | | Palveluryhmä: |
| | Tilinumero: 401060-63700-????-999900005 | Luokittelu: |

Kuva 2. Työtilaus Maximo-kunnossapitojärjestelmässä [8.]

5 Kasanpurun tuotantoprosessi

Kasanpurun tuotantoprosessiin kuuluu primäärikasan purku ja sekundäärikasaus. Kasanpurun tehtävänä on purkaa noin 18 kuukautta liuotettu primäärikasa uuden liuotettavan kasan tieltä ja siirtää purettu kasa malmi sekundäärikasalle liuotukseen. Sekundäärikasat ovat malmin loppusijoituspaikka.

5.1 Primäärikasan purku ja sekundäärikasaus

Primäärikasan purku alkaa purettavan primäärikasan itä- ja länsilaitojen luiskaamisella ALLU-kauhalla. Laidat luiskataan, että jyrsimet pääsevät nousemaan kasan päälle jyrsimään kovaa kenttää. Luiskauksen jälkeen Wirtgen-jyrsimet nousevat purettavan kasan päälle ja jyršivät bioliuotuskasaa. Tämän jälkeen pyöräkuormaajat puskevat jyrsimien nostamat kauhallaan maassa irrallaan olevan malmin syötinvaunuihin. Syötinvaunujen kamirillat erottavat malmin seassa olevat kovat ja suuret malmilohkareet, joiden kulkeutuminen tuotantoprosessiin ei ole suotavaa. Syötinvaunut syöttävät malmin nouseville kuljettimille, jotka nostavat malmin lastausvaunujen kautta primäärikasan purun siltakuljettimelle. Siltakuljetin kuljettaa malmin lastausvaunun kautta keskikaistakuljettimelle, joka kuljettaa malmin suppilon kautta seuraavalle kuljettimelle, joka kuljettaa malmin seuraavan suppilon kautta ensimmäiselle sekundäärikasauksen kuljettimelle. Ensimmäinen sekundäärikasauksen kuljetin nostaa malmin trippertorniin, josta malmi putoaa suppilon kautta sekundäärin keskikaistalle, joka on tällä hetkellä sekundäärikasauksen kolmannen ja neljännen lohkon välissä. Keskikaistakuljettimen hihna kulkee ensimmäisen purkausvaunun kautta, josta malmi putoaa suppilon kautta ns. neljännelle kuljettimelle. Neljäs kuljetin purkaa malmin suppilon, joka lastaa malmia sekundäärikasauksen siltakuljettimelle. Siltakuljettimen hihna kulkee toisen purkausvaunun kautta, josta malmi putoaa suppilon, joka syöttää malmin kasauskuljettimelle. Kasauskuljetin purkaa malmin sekundäärikasalle, josta puskutraktori tasoittaa kasaa tasaiseksi. [9.]

6 Kriittisyysluokittelu PSK 6800 -standardin mukaisesti

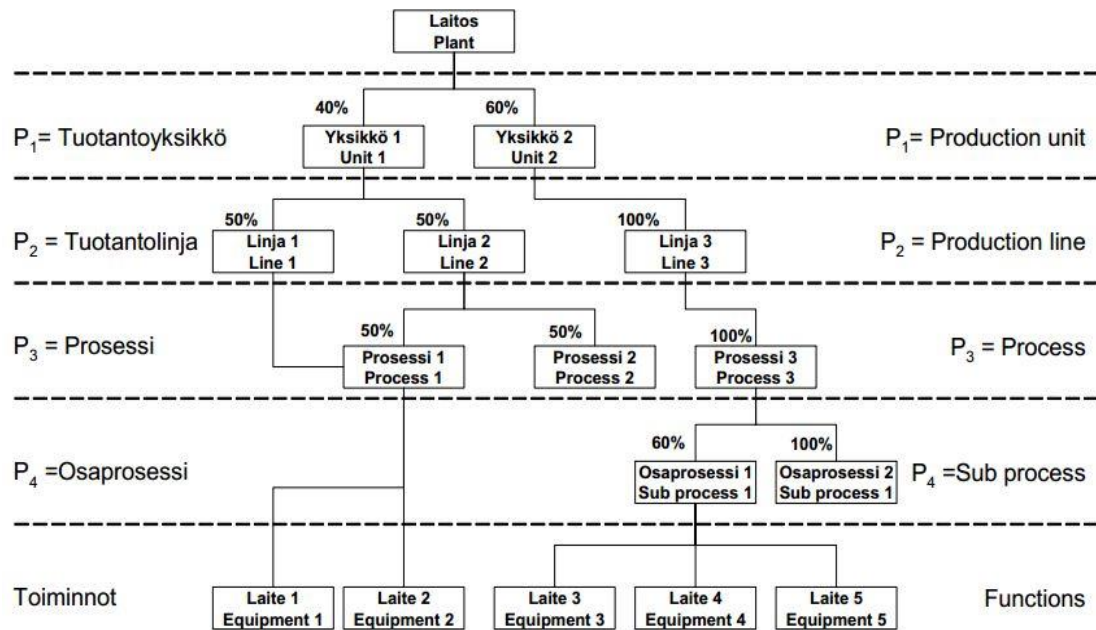
Tuotantolaitoksen kriittisyysluokittelulla tarkoitetaan kattavaa selvitystä tuotantolaitoksen laitekannan kriittisyyksistä. Laitteiden kriittisyysluokituksella saadaan lähtötietoja kunnossapidon, hankinnan ja suunnittelun vaatimiin tarpeisiin. Kriittisyysluokittelun avulla kunnossapito, hankinta ja suunnittelu saavat ohjaavan suunnan esimerkiksi kriittisten laitteiden kunnossapito- ja tarkastusohjelmien tekemiseen, laitteiden kriittisten varaosien määritykseen, kriittisten laitteiden suunnitteluvaiheessa tehtävään jatkokehitykseen sekä kriittisten laitteiden ominaisuuteen ja laatuun hankintavaiheessa. [10.]

Laitteiden kriittisyysluokituksen määritykseen on annettu kansallinen standardi PSK 6800. Standardi kuvaa menettelyn teollisuuden eri kohteiden kriittisyyden määrittämiseen. Tämän standardin mukaisessa menettelyssä kriittisyyttä arvioidaan taloudellisten vaikutusten, henkilöturvallisuuden ja ympäristövaikutusten näkökulmasta. Standardin mukaan kriittisyys on ominaisuus, joka kuvaa kohteeseen liittyvän riskin suuruutta. Riskin suuruus määritellään vikaantumisen vaikutuksen ja sen toteutumisen todennäköisyyden tulona. [10.]

Kriittisyysluokituksen ensimmäisessä vaiheessa määritellään tarkasteltavan alueen laajuus. Laajuudella tarkoitetaan, onko tarkasteltavana kohteena esimerkiksi koko tehdas, osasto vai jokin osaprosessi. Hyvin laajoissa tarkasteltavissa kohteissa on hyvä ottaa huomioon, onko kannattavaa määrittää eri osastoille omat painoarvot tuotannonmenetyksille, että saataisiin otettua huomioon osastojen väliset erot kriittisyysluokitusta määritettäessä. [10.]

6.1 Tuotannon menetyksen painoarvon määrittäminen

Kuvassa 3 on esitetty laitoksen prosessihierarkian vaikutus painoarvokertoimiin $P_1 \dots P_4$. Tuotannon menetyksen painoarvon W_p laskemiseen tarvittavat painoarvokertoimet kuvaavat laitoksen prosessiteknisten toimintojen keskinäistä riippuvuutta. Painoarvokertoimet ositetaan prosessihierarkiaan siten, että koko laitoksen kannalta kriittinen laite saa painoarvon 100 %. [11.]



Kuva 3. Tuotannon vaikutuskertoimet [11.]

6.1.1 Tuotannon menetyksen painoarvokerroin

Tuotannon menetyksen painoarvokerroin lasketaan kaavan 1 mukaisesti painoarvokerroimien tulona:

$$W_p = P_4 \times P_3 \times P_2 \times P_1 \quad (1) [11.]$$

6.1.2 Tuotantoyksikön painoarvokerroin

Tuotantoyksikön painoarvokerroin P_1 on sen suhteellinen osuus koko laitoksen tuotoksesta. Painoarvokertoimia määritettäessä tuotoksena käytetään joko tuotannon määrää, arvoa tai siitä saatavaa tuottoa. Tuotantoyksikköjen painoarvokertoimien yhteenlaskettu summa on aina 100 %. Esimerkiksi jos laitos käsittää neljä identtistä tuotantoyksikköä, niiden painoarvokertoimet ovat 25 %.

6.1.3 Tuotantolinjan painoarvokerroin

Tuotantolinjan painoarvokerroin P_2 on sen suhteellinen osuus koko tuotantoyksikön tuotoksesta. Painoarvokertoimia määritettäessä tuotoksena käytetään joko tuotannon määrää, arvoa tai siitä saatavaa tuottoa. Tuotantolinjojen painoarvokertoimien yhteenlaskettu summa on aina 100 %.

6.1.4 Prosessin painoarvokerroin

Prosessin painoarvokerroin P_3 riippuu sen välttämättömyydestä palvelemilleen kohteille. Mikäli prosessin toimimattomuus pysäyttää tuotantolinjan tai prosessin, niin sen painoarvokerroin on 100 %. Prosesseja voidaan kytkeä rinnan tai sarjaan. Sarjaan kytkettyjen prosessien painoarvokertoimet ovat keskenään samat. Prosessitasolla käsitellään tuotosta tuotannon määränä.

6.1.5 Osaprosessin painoarvokerroin

Osaprosessin painoarvokerroin P_4 riippuu sen välttämättömyydestä palvelemilleen kohteille. Mikäli osaprosessi pysäyttää tuotantolinjan tai prosessin, niin sen painoarvokerroin on 100 %. Osaprosesseja voidaan kytkeä rinnan tai sarjaan. Sarjaan kytkettyjen osaprosessien painoarvokertoimet ovat keskenään samat. Osaprosessitasolla käsitellään tuotosta tuotannon määränä.

6.2 Laitteiden kriittisyyden määrittäminen

Laitteiden kriittisyyden määrittämisessä PSK 6800 -standardin mukaisesti on arvioitava laitteiden turvallisuusriskiä, ympäristöriskiä, tuotannon menetystä, lopputuotteen laatu-kustannusta, korjauskustannusta ja vikaantumisväliä.

Kriittisyysindeksin K laskentaan käytetään kaavaa 2.

$$K = p \times (W_s \times M_s + W_e \times M_e + W_p \times M_p + W_q \times M_q + W_r \times M_r) \quad (2) [11.]$$

missä p on vikaantumisväli ja

W_s on turvallisuusriskien painoarvo ja M_s on turvallisuusriskien kerroin

W_e on ympäristöriskien painoarvo ja M_e on ympäristöriskien kerroin

W_p on tuotannonmenetyksen painoarvo ja W_r on tuotannonmenetyksen kerroin

W_q on laatukustannusten painoarvo ja M_q on laatukustannusten kerroin

W_r on korjauskustannusten painoarvo ja M_r on korjauskustannusten kerroin

6.2.1 Turvallisuus ja ympäristö

Turvallisuusriskillä tarkoitetaan henkilön terveyteen kohdistuvaa vaaran mahdollisuutta. Sen kerroin on eksponentiaalisesti suureneva. Ympäristöriskillä tarkoitetaan laitosalueelle tai sen ulkopuolelle kohdistuvaa ympäristön saastumisen mahdollisuutta. Sen kerroin on eksponentiaalisesti suureneva. Laitetason painokertoimien vaikutus pitää aina arvioida erikseen turvallisuuden ja ympäristön kriittisyyden kannalta. Turvallisuuden ja ympäristön kriittisyys voi olla verrannollinen vain tarkasteltavan teollisuusalan sisällä. Laitteen kriittisyysindeksi K_s laskenta turvallisuuden kannalta tehdään kaavalla 3. Laitteen kriittisyysindeksi K_e laskenta ympäristöriskin kannalta tehdään kaavalla 4.

$$K_s = p \times (W_s \times M_s) \quad (3) [11.]$$

$$K_e = p \times (W_e \times M_e) \quad (4) [11.]$$

6.2.2 Tuotantovaikutukset

Tuotantovaikutuksien arvioinnilla tarkoitetaan tuotannonmenetyksien suuruuden ja laatukustannuksien arviointia. Tuotannon menetyksellä tarkoitetaan menetettyä tuotantoaika, joka on aiheutunut jonkin kriittisen laitteen aiheuttamasta suunnittelemattomasta seisokista. Tuotannon menetyksen kerroin kasvaa suhteessa menetettyyn tuotantoaikaan. Laatukustannuksilla tarkoitetaan kustannuksia, jotka aiheutuvat ylimääräisistä toimenpiteistä, joilla saatetaan tuotteen laatu alkuperäisesti suunnitellulle tasolle tai tuote joudutaan myymään laatuvirheen takia halvemmalla. Laitteen kriittisyysindeksi K_p lasketaan tuotannon menetyksen kannalta kaavalla 5. Laitteen kriittisyysindeksi K_q lasketaan laatukustannusten kannalta kaavalla 6.

$$K_p = p \times (W_p \times M_p) \quad (5) [11.]$$

$$K_q = p \times (W_q \times M_q) \quad (6) [11.]$$

6.2.3 Korjaus- ja seurauskustannukset

Korjauskustannukset syntyvät laitteiden vikaantumisen yhteydessä ja seurauskustannukset, kun laitteiden vikaantuminen johtaa laitteen vaurioitumiseen tai jonkin toisen laitteen vikaantumiseen. Korjaus- ja seurauskustannusten kerroin kasvaa suhteessa meneettyyn laitoksen tuotantoaikaan. Laitteen kriittisyysindeksi K_r lasketaan korjauskustannusten kannalta kaavalla 7.

$$K_r = p \times (W_r \times M_r) \quad (7) [11.]$$

6.2.4 Laitetason kriittisyyden tekijät

Kriittisyysindeksin määrittämiseen tarvittavat painoarvot ja kertoimet on esitetty esimerkinomaisesti taulukossa 1. Taulukkoon määritellyt painoarvot ovat esimerkinomaisia, eli niiden soveltuvuus kohteeseen on arvioitava aina tapauskohtaisesti, että onko niitä tarpeen muuttaa. Tämä arviointi on tehtävä ensimmäisenä vaiheena kriittisyysarviointia aloittaessa.

Toisena vaiheena listataan kriittisyystarkasteluun mukaan otettavat kohteet taulukkoon ja määritetään niille kertoimet kohteiden mukaisten laaja-alaisten kokemusten pohjalta. Kertoimien valintaan kannattaa ottaa mukaan eri ammattiryhmien henkilöstöä ja osajia, että kertoimien määrittämiseen saadaan monelta kannalta kokemusta kohteista ja kertoimet vastaisivat hyvin lähelle todellista tilannetta.

Taulukkoon sijoitettujen ja tapauskohtaisesti määritettyjen kertoimien ja parametrien perusteella taulukkolaskenta antaa laitteille kriittisyysindeksin K , jonka arvolla voidaan verrata laitteiden kriittisyyttä suhteessa toisiinsa. Kriittisyysluokitus määritellään järjestämällä laitteet kriittisyysindeksin perusteella suurimmasta pienimpään tai pienimmästä suurimpaan. Kriittisimmällä laitteella on suurin kriittisyysindeksi. [10.]

Taulukko 1. Laitetason kriittisyyden tekijät [11.]

| Kohde | Painoarvo [W] | Vikaantumisväli [p] | Kerroin [M] | Valintakriteeri |
|---------------------------------------|---|--|-------------|--|
| Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset | Turvallisuusriskit $W_s = 30$ | 1 = Pitkä vikaantumisväli esimerkiksi yli 5 vuotta 2 = Pitkähkö vikaantumisväli esimerkiksi 2 – 5 vuotta 4 = Lyhyehkö vikaantumisväli esimerkiksi 0,5 – 2 vuotta 8 = Lyhyt vikaantumisväli esimerkiksi 0 – 0,5 vuotta | $M_s = 0$ | Ei turvallisuusriskiä |
| | | | $M_s = 2$ | Vähäinen turvallisuusriski |
| | | | $M_s = 4$ | Kohtalainen turvallisuusriski |
| | | | $M_s = 8$ | Merkittävä turvallisuusriski |
| | | | $M_s = 16$ | Vakava turvallisuusriski |
| | Ympäristöriskit $W_e = 20$ | | $M_e = 0$ | Ei ympäristöriskiä |
| | | | $M_e = 2$ | Vähäinen ympäristöriski |
| | | | $M_e = 4$ | Kohtalainen ympäristöriski |
| | | | $M_e = 8$ | Merkittävä ympäristöriski |
| | | | $M_e = 16$ | Vakava ympäristöriski |
| Tuotantovaikutukset | Tuotannon menetyt $W_p = 0 \dots 100$ | | $M_p = 0$ | Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle |
| | | | $M_p = 1$ | Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (esimerkiksi ≤ 3 h) |
| | | | $M_p = 2$ | Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (esimerkiksi ≤ 10 h) |
| | | | $M_p = 3$ | Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (esimerkiksi 10 – 24 h) |
| | | | $M_p = 4$ | Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (esimerkiksi >24 h) |
| | Laatukustannus $W_q = 30$ | | $M_q = 0$ | Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia. |
| | | | $M_q = 1$ | Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 1 h) |
| | | | $M_q = 2$ | Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 3 h) |
| | | | $M_q = 3$ | Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 3-8 h) |
| | | | $M_q = 4$ | Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi >8 h) |
| Korjaus- tai seurauskustannukset | Korjaus- tai seurauskustannus $W_r = 20$ | | $M_r = 0$ | Korjauskustannuksilla tai seurauskustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin. |
| | | | $M_r = 1$ | Vähäiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 2 h) |
| | | | $M_r = 2$ | Keskinkertaiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 10 h) |
| | | | $M_r = 3$ | Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 10-24 h) |
| | | | $M_r = 4$ | Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi >24 h) |

6.3 Kriittisyysluokituksen tuloksien analysointi

Taulukon 1 mukaisen laitteiden kriittisyyskartoituksen perusteella saadun kriittisyysindeksin avulla voidaan laitteet järjestää kriittisyyden mukaiseen järjestykseen. Tulos on yleensä luotettava, jos laitteille määritetyt parametrit ovat oikein ja parametrien arvioinnissa on käytetty tarpeeksi laajaa osaamista ja kokemusta. Lopuksi kaikkien arvioitavien laitteiden kriittisyysindeksin perusteella määritetään raja-arvo, jota suuremman kriittisyysindeksin omaavat laitteet otetaan tarkempaan tarkasteluun. Raja-arvoon ei ole

valmista kaavaa tai ohjetta, joten yleensä sen määrittäminen suoritetaan kokemukseen perustuen.
[10.]

7 Vika- ja vaikutusanalyysi

Vika- ja vaikutusanalyysi (VVA) on systemaattinen tapa järjestelmien eri vikaantumistapojen tunnistamiseen. Vika- ja vaikutusanalyysi on toimintavarmuuden analysointimenetelmä, jonka tarkoituksena on tunnistaa sellaiset viat, joiden seurauksilla on merkittävä vaikutus tarkasteltavan järjestelmän suorituskykyyn. Yleensä kaikkien komponenttien viat tai vioittumistavat vaikuttavat järjestelmän suorituskykyyn haitallisesti. Analyysiä käytetään muun muassa varmistamaan, että kaikki mahdolliset vikamuodot ja niiden seuraukset on tunnistettu ja tiedostettu, sekä listaamaan kohteen mahdolliset vikamuodot ja järjestämään niiden seurausten vakavuudet. [12.]

7.1 Vika- ja vaikutusanalyysin rakenne

Vika- ja vaikutusanalyysi perustuu alimmalle komponentti- tai osajärjestelmätasolle, jolle voidaan määrittää vioittumiskriteerit. Tätä työkalua käytetään esimerkiksi järjestelmän virheiden ja poikkeamien tunnistamiseen ja vähentämiseen. Vika- ja vaikutusanalyysin perusrakenne alkaa tarkasteltavan kohteen laajuuden määrittämisellä. Tämän jälkeen tunnistetaan mahdolliset vikaantumistavat ja vikaantumismenetelmät. Kun vikaantumistavat ja vikaantumismenetelmät on saatu tunnistettua, voidaan alkaa selvittämään syyt ja aiheuttajat vikaantumiselle. Seuraavaksi selvitetään, minkälaisen vaikutuksen vikatila aiheuttaa ja miten laaja on sen vaikutus. Tämän jälkeen voidaan arvioida vikaantumisen vakavuus, todennäköisyys, havaittavuus ja muodostetaan riskiluku. Seuraavaksi voidaan tarvittaessa arvioida ehdotukset ja mahdollisuudet saadun riskiluvun pienentämiseksi. Jos mahdolliset riskiluvun pienentämiseen vaikuttavat muutokset tehdään, niin tämän jälkeen voidaan arvioida toimenpiteiden jälkeinen uusi riskiluku. Viimeisenä vaiheena vika- ja vaikutusanalyysissä on jatkuva päivittäminen. Tämä tarkoittaa, että vika- ja vaikutusanalyysiä päivitetään laitteiston muutosten ja kehitysten jälkeen, että koko ajan on saatavilla vertailukelpoinen ja ajantasainen tilanne laitteen vioista ja vaikutuksista. [13.]

7.2 Tarvittavan tiedon hankinta

Vika- ja vaikutusanalyysin suorittamiseen tarvittavaa tietoa on yleensä saatavilla laitteiden toimittajilta ja valmistajilta. Valmistajat ja toimittajat yleensä antavat tiedon jo laitteen toimitusvaiheessa, mutta joskus tätä on pyydettävä erikseen. Jotkin laitevalmistajat ja toimittajat saattavat toimittaa jopa laajan vika- ja vaikutusanalyysin laitetoimituksen yhteydessä. Laitteiden käyttäjien kokemukset ovat myös arvokas tiedon keräys kanava. Monesti käyttäjäkokemusten perusteella voi saada paljon sellaista tietoa, mitä laitteiden toimittajat ja valmistajat eivät välttämättä pysty toimittamaan. Lisäksi käyttäjäkokemukset ovat kokemuksia laitteen toimimisesta sille osoitetussa käyttöpaikassa ja ympäristössä, jossa voi esiintyä erityisiä haasteita, joita laitetoimittajat ja valmistajat eivät välttämättä ole kohdanneet.

Laitteen käyttötiedoista saatava tieto on monesti erittäin arvokasta vikaantumisen arvioinnissa. Käyttötiedon hyödyntämisen haasteena on monesti sen suppeus. Tämä johtuu siitä, että monesti käyttötieto paljastaa vain vioittumisesta tapahtuneet seuraukset ja tehdyt korjaustoimenpiteet, mutta ei paljasta varsinaista vioittumistapaa. Monesti laitteissa tapahtuu myös vikoja, joita ei voida havaita tai ei ole havaittu ja näiden vaikutusta vikaantumiseen ei voida täten todeta.

Vika- ja vaikutusanalyysin tulosten kattavuuteen vaikuttaa suoraan käytettyjen tietolähteiden laajuus ja paikkansa pitävyys. Korkealla tasolla määritetyt vikaantumiset ja vikaantumistavat ovat usein liian suppeita analyysijä, jos kerättyä tietoa halutaan käyttää esimerkiksi kunnossapitosuunnitelman luomiseen. Jos halutaan tietää esimerkiksi vain, milloin on tullut vikatilanne päälle, ei keskitytä siihen, että miten ja mitkä laitteiden komponentit ja vioittumistavat vaikuttavat vikaantumiseen. Tällaisella selvityksellä ei saada kunnossapidon osaston tarvitsemaa tietoa, jolla voitaisi kehittää esimerkiksi ennakko-huoltosuunnitelmia. [10.]

7.3 Vikaantumismallit

Vikaantuminen määritellään tapahtumana, joka aiheuttaa vikatilanteen ja jolla on negatiivista vaikutusta laitteen ja komponenttien toimintaan. Vikaantumismalliksi määritellään se mekanismi, joka johtaa itse vikaantumiseen. Vikaantumismallien määrittämisessä on tärkeää kerätä kattava tieto laitekohtaisesti, jotta jokaiselle laitteelle saataisiin oikeanlainen kunnossapitostrategia, joka vastaisi laitteiden vaatimia kunnossapidollisia toi-

menpiteitä. Parhaaseen lopputulokseen vikaantumismallien määrittämisessä päästään, jos ensin listataan erilaiset vikaantumismallit, jotka johtavat laitteiden vikatilanteisiin.

Kunnossapitostrategioiden suunnittelijoiden on tunnistettava laitteiden vikaantumismallit, jotta laitteiden kunnossapito suunnitellaan laitteiden vikaantumismallien tasolla. Vikaantumismallien tunnistaminen ja tiedostaminen mahdollistavat, että vikaantumisen ennaltaehkäisy ja mahdolliset korjaukset saadaan suoritettua suunnitellusti ennen vikaantumista. Tällä toimenpiteellä voidaan kohdentaa kunnossapidon resurssit ja toimenpiteet oikeisiin kohteisiin oikealla prioriteetilla, jotta voitaisiin välttyä kriittisimpien kohteiden vakavilta vikaantumisilta. Vakavia ja joskus jopa vaikeasti tunnistettavia vikaantumismalleja ovat esimerkiksi kuluminen, suunnitteluvirheet ja alkuvikaantumiset. Oikeanlaisen kunnossapitostrategian avulla näihin vikaantumismallien mukaisiin vikaantumisiin voidaan puuttua jo hyvissä ajoin, mutta esimerkiksi alkuvikaantuminen tapahtuu hyvin usein, kun laitetta puretaan ja kasataan, jolloin liiallinen kunnossapito voi pahentaa vikaantumisriskiä.

Vikaantumismallit voivat syntyä eri osastojen väärinkäyttöjen seurauksena tai puutteellisesta osaamisesta. Kunnossapito-osaston vääränlaisesta laitteen kunnossapidosta voi seurata, että laitteen suorituskyky pääsee laskemaan alle halutun tason, jos esimerkiksi kulumisen seuranta tai laitteen voitelu ei ole vaadittavalla tasolla. Tuotanto- tai käyttöosasto voi aiheuttaa vikaantumismallin esimerkiksi käyttämällä laitetta maksimisuoritus- tasoa kovemmalla tasolla, jolloin laitteessa voi tapahtua ylikuormitusta ja vakavaa vikaantumista. Laitteiden suunnitteluvaiheessa toimivat osastot voivat ali mitoittaa laitteen käyttöpaikalle, jolloin alimitoitettu laite toimii koko ajan maksimisuorituksella ja ylikuormittuna, jolloin laitteen vikaantuminen on hyvin todennäköistä. [10.]

8 Nykyinen tilanne ja tavoitteet

Kasanpurun tuotanto on todella tärkeä prosessi malminkäsittelyssä. Kasanpurun tuotantoprosessin tarkoitus on purkaa primäärikentän kivettynyttä ja liuotettua kasaa, jotta uutta kasaa voitaisi tehdä. Kasanpurussa malmi sekoittuu tuotantoprosessissa ja sekundääriliuotuksessa saadaan liuotettua malmivaroja entistä tehokkaammin, kun päästään liuottamaan primääriliuotuksessa kivettyneet ja huonosti liuotuksessa olleet kasanosat. Kaivoksen tuotannon ylösajon myötä kasanpurun tuotantotavoitteet ovat nousseet huomattavasti, koska uutta malmia kasataan ennätysmääriä vuositasolla. Kasvaneiden tuotantomäärien myötä myös tuotantoprosessin käyttöaste on pidettävä korkeana, jotta malminkäsittelyn tuotanto pysyisi käynnissä. Tällä hetkellä tuotantoprosessin käyttöaste lähentelee välillä jopa 90 prosenttia, mutta ajoittaiset pitkät tuotantokatkokset heikentävät käyttöastetta kuukausi- ja vuositasolla huomattavasti. Kasanpurun tuotantoprosessin suurena ongelmana on se, että ainoastaan syötinvaunuja on kaksi, mutta muut tuotantoprosessin laitteet eivät ole kahdennettuja ja niiden vikaantuminen pysäyttää koko kasanpurun tuotantoprosessin. Tuotantoprosessin kriittisyyden takia, myös kunnossapidon on suunniteltava ennakoiva kunnossapitostrategiansa niin, että se keskittyy pääosin kriittisille ja vikaantumisherkille laitteille, koska kunnossapidon resurssit ovat hyvin rajalliset.

Kasanpurun tuotantoprosessin laitteille on olemassa hyvin laajat ja kattavat ennakkohuoltosuunnitelmat, joita on muokattu kohteita paremmin kuvaavimmiksi ja kattavaisimmiksi vuosien aikana. Ennakkohuoltostrategioiden tekovaiheessa laitteiden kriittisyyttä ja vikaantumisia ei kuitenkaan ole mietitty ja tästä syystä osalle laitteista on alimitoitettut ennakkohuollot ja toisille laitteille on ylimitoitettut ennakkohuollot.

9 Kriittisyysluokittelun laatiminen

Kriittisyysluokittelun suoritus tapahtui PSK 6800 -standardin mukaisesti standardin tarjoamalle pohjalle, joka löytyy liitteestä 1. Standardi ja standardin tarjoama pohja on luotu useiden teollisuudenalan yhteistyön seurauksena, joten standardia joudutaan soveltamaan käyttötarkoitusta varten. Tämänkin työn suorituksessa jouduttiin standardia soveltamaan kertoimien määrittämisessä, mutta standardin perusolemus säilyi koko työnsuorituksen ajan. Kertoimien määrittämisessä tarkasteltiin laitteiden tyypillisimpiä vikaantumisia ja laitteen normaalia käyttöä. Laitteilta löytyi myös joitakin ääritapauksia vikaantumisista, jotka olivat luonteeltaan erittäin harvinaisia tai johtuivat käyttövirheestä, lisäksi joissain kohteissa oli puututtu vikaantumisiin parantavilla muutoksilla. Tällaisia ääritapauksia ei ollut järkevää ottaa huomioon luokittelua tehtäessä.

Kriittisyysluokituksessa käsiteltäväksi alueeksi rajattiin kasanpurunlinjastolla päälaitteet käyttöpaikkatasolla. Kasanpurun päälaitteet ovat kaikki laitteet murskakauhasta eteenpäin loppuen sekundäärikasauskuljettimeen. Kriittisyysluokittelun ulkopuolelle jätettiin sähköautomaatiolaitteet, mutta sähkömoottoreiden mekaaninen vikaantuminen otettiin kuitenkin mukaan tarkasteluun.

9.1 Käyttöpaikkojen rajaus

Kriittisyysluokittelussa käsiteltävät laitteet haettiin Maximo-kunnossapitojärjestelmästä käyttöpaikkahierarkian mukaan. Käyttöpaikat pystyi ajamaan Maximosta suoraan Excel-muotoon, josta pystyi poistamaan ylimääräiset käyttöpaikat. Käyttöpaikat järjesteltiin päälaitteiden alle hierarkian mukaisesti numeroimalla päälaitteet tuotantoprosessijärjestyksen mukaisesti ja järjestelemällä käyttöpaikat numerojärjestykseen. Tällöin saatiin kattavat listat, joissa päälaitteen käyttöpaikan alla näkyvät kaikki sen alla olevat käyttöpaikat. Kriittisyysluokitukseen mukaan otetut pääkäyttöpaikat käytiin läpi kasanpurun tuotannon ja kunnossapidon asiantuntijoiden kanssa ja hyväksyttiin ne. Joukosta löytyi käyttöpaikkoja, jotka oli jo poistettu tuotantoprosessin kehittyessä ja lisäksi joukosta löytyi yksi väärin merkattu käyttöpaikka. Kriittisyysluokitteluun mukaan otettujen käyttöpaikkojen lopulliseksi määräksi muodostui 24.

9.2 Tuotannon menetyksen painoarvo

Tuotannon menetyksen painoarvon (Wp) määrittämistä varten kasanpurun prosessihierarkiaa jouduttiin tarkastelemaan ja määrittämään sen mukaisesti laitteiden vaikutus tuotantokapasiteettiin. Tämän avulla saatiin selvitettyä tuotannonmenetyksen painoarvot, jotka näkyvät taulukossa 2.

| Positio | Painoarvo kerroin | Tuotannon painoarvokerroin Wp (%) |
|------------|-------------------|-----------------------------------|
| 365MRK0004 | 0 | 100 |
| 365STN0001 | 0,5 | 100 |
| 365STN0002 | 0,5 | 100 |
| 365KUL0001 | 0,5 | 100 |
| 365KUL0002 | 0,5 | 100 |
| 365LSV0001 | 0,5 | 100 |
| 365LSV0002 | 0,5 | 100 |
| 365KUL0003 | 1 | 100 |
| 365LSV0003 | 1 | 100 |
| 365KUL0005 | 1 | 100 |
| 365SUP0001 | 1 | 100 |
| 365KUL0006 | 1 | 100 |
| 365SUP0002 | 1 | 100 |
| 370KUL0001 | 1 | 100 |
| 370SUP0006 | 1 | 100 |
| 370KUL0002 | 1 | 100 |
| 370PVA0001 | 1 | 100 |
| 370SUP0003 | 1 | 100 |
| 370KUL0004 | 1 | 100 |
| 370SUP0004 | 1 | 100 |
| 370KUL0006 | 1 | 100 |
| 370PVA0002 | 1 | 100 |
| 370SUP0005 | 1 | 100 |
| 370KUL0007 | 1 | 100 |

Taulukko 2. Tuotannon menetyksen painoarvokerroin

Taulukossa ilmoitettu painoarvokerroin on standardipohjaan lisätty ylimääräinen kerroin, koska standardin tarjoamassa pohjassa voidaan tuotannon menetykselle määrittää vain yhden kerran tuotannonmenetyksen painoarvokerroin Wp. Lisäkertoimen avulla voidaan ottaa huomioon se, että tuotantoprosessissa on laitteita, jotka eivät pysäytä vikaantumistaan koko tuotantoa. Lisäkerroin määriteltiin 0–1 väliltä. Esimerkiksi syötinvaunuja on käytössä kaksi kappaletta ja niiden vikaantuminen pysäyttää vain puolet tuotannosta, joten niille annettiin lisäkertoimeksi 0,5. Lisäkerroin kerrotaan tuotannonmenetyksen painoarvokerroimella Wp, joka on 100.

Luiskauksessa käytettävä ALLU-kauha (365MRK0004) sai lisäkertoimeksi 0, koska sille ei pystytty määrittämään tuotantoa heikentävää arvoa. Laitteen vikaantuminen voi johtaa

tuotannon menetyksiin tai ainakin tuotannon hidastumiseen, mutta laite voidaan äärimmäisessä hätätapauksessa korvata, esimerkiksi varakauhalla tai leukamurskalla.

9.3 Vikaantumisvälin määrittäminen

Vikaantumisvälin (p) määrittämisessä tarvittavaa tietoa lähdettiin keräämään Maximo-kunnossapitojärjestelmästä ja lisäksi apuna käytettiin Metso DNA View ohjelmaa. Tarkasteltavaksi ajanjaksoksi määriteltiin 1.1.2015–18.4.2018. Laitteille löytyy vikaistoriaa myös vanhemmalta ajalta, mutta töiden kirjaukset, varastosta otot ja työlokit olivat todella heikkoja, jolloin päädyttiin jättämään aikaisemmat vikatyöt pois luokituksesta. Standardin määrittelemät vikaantumisvälikertoimet määriteltiin yhtiölle aikaisemmin tehtyjen kriittisyysluokitusten mukaan, koska kyseiset arvot sopivat tarkasteltavaan kohteeseen. Vikaantumisvälikertoimet on esitelty taulukossa 3.

Taulukko 3. Vikaantumisvälin kertoimet

| Vikaantumisväli (vuotta) | Kerroin | Määritelmä |
|--------------------------|---------|--------------------------|
| Alle 0,5 | 8 | Lyhyt vikaantumisväli |
| 0,5-2 | 4 | Lyhyehkö vikaantumisväli |
| 2-3 | 2 | Pitkähkö vikaantumisväli |
| Yli 3 | 1 | Pitkä vikaantumisväli |

Laitteiden vikaantumisiksi laskettiin laitteiden toiminnan pysäyttäneet mekaaniset viat. Vikaantumisia tarkastellessa mukaan ei otettu ollenkaan sähkö- ja automaatiovikoja. Vikaantumisdatan kerääminen oli erittäin työläs prosessi, sillä monet vikatyöt oli kirjattu todella epäselvästi ja osa töistä oli tehty ennakkohuoltona, vaikka olivat selvästi vikaantumisesta johtuvia töitä. Töitä jouduttiin käymään hyvin tarkasti läpi, että mitä kussakin työssä laitteelle on tehty ja mikä on ollut työsuorituksen tarkoitus. Joissain tapauksissa töitä jouduttiin selvittämään, että onko töissä pysäytetty tuotanto ollenkaan, vai laitettu työt odottamaan suunniteltua pysäytystä. Tällaisia töitä olivat esimerkiksi kuljetinrullien vaihdot. Maximossa työt voi kirjata suoraan vikatyöksi tai ennakkohuollosi. Tämän perusteella töitä voidaan hakea työtyypin perusteella, mutta koeluontoisella haulla ja ennakkotietämyksen perusteella huomattiin, että useita töitä, jotka olivat selvästi vikatyöitä, oli tehty ja kirjattu ennakkohuollosi. Nykyään Terrafamella on alettu panostamaan töiden työpyyntöjen ja työtilausten oikeanlaiseen tekemiseen, jotta kriittisyysluokitusten ja vika- ja vaikutusanalyyysien tekeminen olisi laadukkaampaa ja helpompaa. Lisäksi päivi-

tetyn Maximon myötä käyttöön on otettu uudet nimet töiden laadulle ja esimerkiksi vika-tyyppejä voidaan kirjata välittömänä vikakorjauksena ja siirrettynä vikakorjauksena.

Useissa laitteissa löytyi sellaisia vikaantumisia, jotka toistuivat aika ajoin ja pysäyttivät tuotannon. Tällaiset vikaantumiset oli kuitenkin huomattu ja laitteille oli tehty muutoksia, joilla korjattiin kyseinen vikaantuminen. Tällaisten laitteiden kohdalla tarkasteluun ei ollut järkevää ottaa niitä vikaantumisia, joita oli tapahtunut ennen muutostyötä. Hyvänä esimerkkinä ovat esimerkiksi hihnanohjaimet. Hihnanohjainten edessä olevat oikeasevat rullat kuluivat nopeasti ja särkyivät äkkiarvaamatta, joskus jopa syttyivät tuleen. Hihnan ohjaimiin tehtiin muutos, jolloin ne muutettiin v-mallisiksi ja suorita rullia ei enää tarvittu.

9.4 Turvallisuusriskin painoarvokertoimien määrittäminen

Turvallisuusriskin määrittämisessä käytettiin suoraan standardin mukaista pohjaa, joka on esitetty taulukossa 4. Kertoimia määrittäessä huomio keskitettiin vain siihen turvallisuusriskiin, mikä aiheutuu laitteiden vikaantumisesta. Kertoimien määrittämisessä ei otettu ol- lenkaan huomioon sitä riskiä, mikä aiheutuu laitteiden korjaamisesta. Tämä johtuu siitä, että työturvallisuusasiat käsitellään luokituksen ulkopuolella.

Taulukko 4. Turvallisuusriskin painoarvokertoimien määritelmät

| Turvallisuusriski | Kerroin | Määritelmä |
|-------------------|---------|---|
| Ei | 0 | Laitteen vikaantuminen ei aiheuta loukkaantumis- tai terveysvaaraa. |
| Vähäinen | 2 | Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa lievän louk- kaantumisen tai sairastumisen. |
| Kohtalainen | 4 | Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa vakavan sai- rastumisen tai loukkaantumisen, josta jää pysyvä haitta. |
| Merkittävä | 8 | Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa yhden tai use- amman kuolonuhrin. |
| Vakava | 16 | Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa yhden tai use- amman kuolonuhrin ja vakavan vaaratilanteen teh- taan ympäristössä. |

Painoarvokertoimeksi tarkastelussa saatiin vain arvoa 0. Tämä johtui siitä, että laitteiden vikaantumisella ei nähty olevan minkäänlaista riskiä, joka voisi johtaa loukkaantumiseen tai terveyttä vaarantamaan tilanteeseen.

9.5 Ympäristöriskin painoarvokertoimien määrittäminen

Ympäristöriskin painoarvokertoimien määrittämisessä käytettiin myös suoraan standardin mukaisia määrittämiä, jotka on esitelty taulukossa 5. Tässäkin määrittämisessä otettiin huomioon vain se riski, mikä aiheutuu laitteiden vikaantumisesta.

Taulukko 5. Ympäristöriskin painoarvojen määritelmät

| Ympäristöriski | Kerroin | Määritelmä |
|----------------|---------|--|
| Ei | 0 | Laitteen vikaantuminen ei aiheuta ympäristön saastumisen vaaraa. |
| Vähäinen | 2 | Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa ympäristön likaantumista laitosalueella. |
| Kohtalainen | 4 | Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa paikallista laitosalueen saastumista. |
| Merkittävä | 8 | Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa laitosalueen ja lähiympäristön saastumista. |
| Vakava | 16 | Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa saastumista laitosalueella ja laajalla alueella sen ympäristössä, jonka korjaaminen vaatii suuria taloudellisia panostuksia ja palautuminen voi kestää useita vuosia. |

Painoarvoksi tarkastelussa saatiin vain arvoja 0 ja 2. Tämä johtuu siitä, että yleensä vikaantuminen ei aiheuta kuin lyhyitä öljyvetoja liuotuskentillä. Tästä syystä ympäristöriski nähtiin pienenä.

9.6 Tuotannonmenetyksen painoarvokertoimien määrittäminen

Tuotannonmenetyksen painoarvokertoimien määrittämisessä käytettiin suoraan standardin tarjoamaa pohjaa, joka on esitetty taulukossa 6. Määrittämisessä käytettiin pohjana laitteen keskimääräistä vikaantumisen keston pituutta. Laitteen vikaantumisen lisäksi tähän aikaan sisältyvät laitteiden erotukset, alasajot, käyttöönotto ja mahdolliset alustavat työt, kuten telinetyöt.

Taulukko 6. Tuotannonmenetyksen painoarvokertoimien määritelmät

| Kerroin | Määritelmä |
|---------|--|
| 0 | Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle. |
| 1 | Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (≤ 3 h). |
| 2 | Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (≤ 10 h). |
| 3 | Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (10 – 24 h). |
| 4 | Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (> 24 h). |

Tuotannonmenetyksen aika on annettu kokemusten ja kirjausten perusteella. Kirjaukset olivat Maximossa todella puutteelliset, joten apuna käytettiin Metso DNA View-ohjelmaa, jonka avulla saatiin melko täsmällisesti tuotannon kirjaamat tuotannonmenetysajat. Suurin osa laitteista sai kertoimeksi 1, mutta osalle laitteista saatiin kertoimeksi myös 2. Murskakauha oli ainut laite, joka sai arvoksi 0.

9.7 Korjauskustannusten painoarvokertoimien määrittäminen

Korjauskustannusten painoarvo määritettiin standardin mukaisesti verraten korjauskustannuksia tuotannonmenetyksen painoarvoon. Tämän kertoimen määrittämistä helpotti se, että malminkäsittelyn tuotannossa tuotannonmenetykselle on määritelty suuntaa antava tuntihinta. Korjauskustannusten standardin mukainen määritelmä on esitelty taulukossa 7.

Taulukko 7. Korjauskustannusten painoarvojen määrittäminen

| Kesk.määr.kustannus/vika | Kerroin | Määritys |
|--------------------------------|---------|-------------------------------|
| 100 e tai alle | 0 | Kustannus merkityksetön |
| Yli 100 e, mutta alle 1000 e | 1 | Kustannus vähäinen |
| Yli 1000 e, mutta alle 5000 e | 2 | Kustannus keskinkertainen |
| Yli 5000 e, mutta alle 10000 e | 3 | Kustannus merkittävä |
| Yli 10000 e | 4 | Kustannus erittäin merkittävä |

Kaikille laitteille saatiin korjauskustannusten kertoimiksi murskakauhaa lukuun ottamatta 4. Tämä johtui siitä, että kaikki laitteet ovat kriittisiä ja pysäyttävät koko tuotannon tai suuren osan siitä. Lisäksi laskennallinen tuntihinta tuotannonmenetykselle on niin suuri, että kustannukset nousevat todella nopeasti. Murskakauha sai korjauskustannukseksi

arvon 0, koska se ei suoraan vikaantuessaan vaikuta tuotantoon ja siihen ei ole tullut sellaista vikaantumista, että olisi haitannut tuotantoa. Standardi määrittelee myös korjauskustannusten yhteydessä olevat mahdolliset seurauskustannukset, joilla tarkoitetaan sellaisia kustannuksia, jotka syntyvät jonkin laitteen vikaantuessa ja sen seurauksena vikaantuu toinen laite. Seurauskustannusten vaikean määrittämisen takia päätettiin jättää nämä kustannukset pois kriittisyysluokituksesta ja ottaa ne mukaan vika- ja vaikutusanalyysiin.

9.8 Laatukustannusten painoarvokertoimien määrittäminen

Standardin mukaisen määritelmän mukaan laatukustannusten painoarvokertoimet määritellään korjauskustannusten tavoin peilaamalla tuotannonmenetyksen painoarvoon. Tämän työn suorituksessa ei määritelty tuotannon menetyksen painoarvoja laatukustannusten yhteydessä, sillä niiden määrittäminen on todella hankalaa todentaa. Tuotannonmenetyksen kustannus huomioitiin vain korjauskustannusten yhteydessä. Työn suorituksessa otettiin käyttöön sovelletut kertoimet, joita on käytetty yhtiölle aikaisemmin tehdyissä opinnäytetöissä. Tämä parantaa laitteiden ja tuotantoalueiden keskinäistä vertailua. Kasanpurussa tuotettavaa tuotetta tarkasteltiin taulukon 8 mukaisesti. Kasanpurun lopputuotetta seurataan jatkuvasti kentällä työskennellessä ja huonoon lopputuotteeseen pyritään puuttumaan välittömästi. Huono lopputuote tarkoittaa kasanpurun tuotannossa erittäin suuria malmimöykyjä, jotka voivat aiheuttaa laitteisiin vikaantumista. Lisäksi suurista malmimöykyistä ei saada liukenemaan metalleja niin hyvin kuin hienosta malmista. Laitteille saatiin kertoimiksi 0 ja 1, koska laitteiden vikaantumisella ei ole suurta merkitystä lopputuotteen laatuun ja laatuun vaikuttavat vikaantumiset on nopeasti tunnistettavissa.

Taulukko 8. Laatukustannusten painoarvon määrittäminen

| Kerroin | Vaikutus laatutekijöihin (kuiva-ainepitoisuus tai hävikki) |
|---------|--|
| 0 | Olematon tai merkityksetön |
| 1 | Vähäinen tai keskinkertainen |
| 2 | Merkittävä |

10 Kriittisyysluokituksen tulosten tarkastelu

Määritellyt kertoimet syötetään PSK 6800 -standardin mukaiseen lomakkeeseen, joka laskee jokaiselle laitteelle kriittisyysindeksin. Liitteessä 1 on esitelty standardin tarjoama pohja, jota käytettiin kriittisyysindeksin määrittämisessä. Liitteessä 2 on esitetty kasanpurun laitteille määritetty kriittisyysluokitus. Lomakkeessa on esitetty laskennalliset tulokset kriittisyysindeksille sekä kriittisyyden osa-indeksit turvallisuudelle, ympäristölle, tuotannon vaikutukselle ja laadulle. Tässä työssä ei käsitellä osaindeksejä, mutta ne antavat suuntaa siitä, mistä laitteiden kriittisyysindeksi muodostuu.

Kriittisyysindeksin määrittämisen jälkeen laitteet järjestellään kriittisyysindeksin perusteella ja saadaan varsinainen kriittisyysluokittelu. Kriittisyysindeksillä oli varsin suurta jakautumista ja jakautuminen tapahtui arvojen 120 ja 2240 välillä. Jakautumisessa tapahtui selkeä piikki, jota tehtävän suorituksessa myös haettiin. Tämän perusteella nähtiin suoraan, mitkä laitteet ovat prosessissa suurimpia tuotannonmenetyksen aiheuttajia ja vaikuttavat eniten käyttövarmuuteen.

Standardin mukaisessa pohjassa on annettu kriittisyyspisteelle numeraalinen arvo. Tämä arvo ei ole kuitenkaan vakio, vaan arvo on määriteltävä kriittisyysindeksien perusteella tapauskohtaisesti. Asiantuntijoiden perusteella sopiva arvo kriittisyyspisteelle on 10–20 % kriittisyysluokituksessa mukana olevien laitteiden määrästä.

Kriittisyysluokittelun tulokset käytiin osaston asiantuntijoiden kanssa läpi, ja lopuksi päätettiin määrittämään kriittisyyspiste arvoon 1500. Tämä tarkoittaa sitä, että arvon 1500 ylittävät laitteet ovat kriittisimmät. Luokittelussa löydettiin 5 kriittisyyspisteen ylittävää laitetta ja nämä laitteet edustavat noin 20 prosenttia laitteista. Määrää pidettiin riittävänä ja laitekannan kokoon nähden sopivana. Näille laitteille suoritettiin kriittisyysluokituksen jälkeen vika- ja vaikutusanalyysi. Kriittisyysluokittelu nähtiin kokonaisuutena asianmukaisesti tehdyksi ja tarpeeksi luotettavaksi.

11 Vika- ja vaikutusanalyysin laatiminen kriittisille laitteille

Kriittisyysluokituksen suorituksen perusteella saatiin koottua kriittisimmät laitteet, joille suoritettiin vika- ja vaikutusanalyysi. Vika- ja vaikutusanalyysi suoritettiin yrityksessä aikaisemmin käytössä olleelle pohjalle. Pohja on esitetty liitteessä 3. Pohjan asiaankuuluvuus varmistettiin vertaamalla pohjaa SFS-EN 60812 -standardiin. Standardi ei suoraan tarjoa mallia tai pohjaa, kuinka työ suoritetaan, vaan tarjoaa vain suuntaviivoja etenemiseen. Käytettävä pohja todettiin asiaankuuluvaksi ja käyttökelpoiseksi työn suorittamiselle.

11.1 Vika- ja vaikutusanalyysin laatiminen

VVA:n suoritus aloitettiin jakamalla käsiteltävä laite rakenneosiin. Esimerkiksi syötinvaunut jakautuivat kymmeneen rakenneosaan, kuten kavennusosat, hydraulikka ja reuna-kumit. Tämän jälkeen rakenneosille määriteltiin mahdolliset vikaantumismuodot, eli kuinka rakenneosa mahdollisesti vikaantuu. Tämän lisäksi laitteille listattiin vikaantumisesta aiheutuvat seuraukset rakenneosalle ja koko laitteelle. Vikaantumisesta johtuvien seurauksien perusteella saatiin määriteltä vikaantumisien vakavuus (S, severity), jolle määriteltiin kerroin 1-5 väliltä. Vikaantumisen vakavuuden määritykset on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Vikaantumisen vakavuuden määrittäminen

| Kerroin | Vikaantumisen seurausten vakavuuden selite |
|---------|--|
| 1 | Pieni, käyttäjät eivät välttämättä havaitse vikaantumista. |
| 2 | Pienuhkö, aiheuttaa hieman prosessiongelmia esim. alentuneena tuotona. |
| 3 | Keskisuuri, aiheuttaa prosessin epäkäytettävyyttä tai laadullista ongelmaa. |
| 4 | Suuri, aiheuttaa suorituskyvyn romahtamisen ja tuotannon väliaikaisen katkeamisen. |
| 5 | Erittäin suuri, aiheuttaa välittömän tuotannon alasajon tai henkilöriskin. |

Vikaantumismuodoille etsittiin mahdolliset vikaantumismekanismit. Nämä vikaantumismekanismit määriteltiin kokemuseräisesti ja apuna käytettiin Maximon vikahistoriaa laitekohtaisesti. Vikaantumismekanismeina esiintyi esimerkiksi kulumista ja väärää käyttötapaa. Vikaantumismekanismeille määriteltiin esiintyminen (O, occurrence). Tähän määritykseen käytettiin apuna Maximon vikahistoriaa ja Metso DNA View-ohjelmaa. Vikaan-

tumismekanismin esiintymiselle määriteltiin kertoimet 1–5 väliltä, jotka on esitelty taulukossa 10.

Taulukko 10. Vikaantumismekanismin esiintymisen määrittäminen

| Kerroin | Vikaantumismekanismin esiintymisen selite |
|---------|---|
| 1 | Harvinainen, vika toistuu harvemmin kuin 5 vuoden välein. |
| 2 | Vika toistuu 2–5 vuoden välein. |
| 3 | Vika toistuu 1–2 vuoden välein. |
| 4 | Vika toistuu 3–12 kk välein. |
| 5 | Vika toistuu useammin kuin 3 kk välein. |

Vikaantumismekanismeille aloitettiin selvittämään mahdollisia ennaltaehkäisykeinoja ja vikaantumismekanismin havaittavuutta. Ennaltaehkäisyllä tarkoitetaan niitä keinoja, joilla laitteen vikaantuminen voitaisi estää. Tällä tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi laitteelle suoritetaan määrättyjä ennakkohuoltoja, kuten tarkastuksia, öljyn vaihtoja ja komponenttien vaihtoja, jotta laite ei pääse vikaantumaan tietämättä. Ennaltaehkäisyn tarkastelulla saadaan myös pohjaa laitteen vikaantumisen havaittavuuden selvittämiseen. Havaittavuudella tarkoitetaan sitä, että kuinka nopeasti ja millä keinoin laitteen vikaantuminen on mahdollista havaita. Vikaantumismekanismin havaittavuudelle (D, detectability) määriteltiin kerroin arvojen 1–5 väliltä ja niiden määritelmät on esitelty taulukossa 11.

Taulukko 11. Havaittavuuden kertoimen määritelmät

| Kerroin | Vikaantumismekanismin havaittavuuden selite |
|---------|--|
| 1 | Vian kehittyminen on helppo havaita aistihavainnoin. |
| 2 | Vian kehittymisen pystyy havaitsemaan kiinteän kunnonvalvonnan apuvälinein (esim. värinämittaus). |
| 3 | Vian kehittymisen pystyy havaitsemaan kunnonvalvonnan apuvälinein (esim. lämpökamera). |
| 4 | Vian kehittymisen havaitseminen hankalaa, vian voi havaita ainoastaan laitteen pysäyttämällä. |
| 5 | Vian kehittymistä ei voi havaita, laitteen suojarakenne estää havaitsemisen tai vika kehittyy niin nopeasti. |

Kertomalla vakavuuden, esiintymisen ja havaittavuuden kertoimet keskenään saadaan tulona niin sanottu RPN-luku (Risk Priority Number), joka kuvastaa vikaantumisen kriittisyyttä numeroarvona. Erilaisten vikaantumisten RPN-lukuja voidaan joiltain osin verrata myös keskenään ja niitä voidaan käyttää hyödyksi jatkotoimenpiteiden suorituksessa, kuten ennakkohuoltojen ja muutostöiden priorisoinnissa. Jos laite saa suuren RPN-

luvun, niin se voi johtaa jopa välittömiin toimenpiteisiin, mutta pienen RPN-luvun omaavat laitteet voidaan jättää toisarvoiseksi.

Vika- ja vaikutusanalyysin viimeisenä työvaiheena määriteltiin suositellut toimenpiteet kunkin vikaantumisen ehkäisyyn. Toimenpiteinä voi olla esimerkiksi laitteiden käyttöjen muuttaminen tai ennakkohuoltojen painottamisen muuttaminen siten, että kriittisimmät ja vikaantuneimmat kohteet olisivat ensimmäisenä prioriteettina. Toimenpiteille määrättiin myös suorittaja, joka tarkoitti tässä tapauksessa kunnossapitoa, tuotantoa tai projektia. Laitteiden suuremmista muutoksista ja suunnitteluista vastaa projektiosasto, ja siksi oli olennaista ottaa sekin mukaan käsittelyyn. Suositeltujen toimenpiteiden perusteella määriteltiin uudelleen vakavuus-, esiintyminen-, ja havaittavuuskertoimet, sekä RPN-luku. Nämä uudet arvot ja uudet RPN-luvut perustuvat pelkästään karkeaan arvioon ja todelliset arvot on mahdollista saada vasta muutosten jälkeen, kun laite on ollut käytössä ja sen vikaantumista on seurattu.

11.2 Vika- ja vaikutusanalyysin tulosten tarkastelu

Opinnäytetyön vika- ja vaikutusanalyysiin otin mukaan kaikki kriittisyysluokituksessa kriittiseksi luokitellut laitteet. Mukaan otetuista laitteista syöttimet ovat identtisiä laitteita keskenään ja molemmissa suurin osa vikaantumisista tapahtui identtisesti. VVA:n avulla saatujen tietojen perusteella pystyttiin tarkastelemaan laitteiden vikaantumisia tarkemmin ja suunnittelemaan mahdollisia ennaltaehkäisykeinoja. Lisäksi laitteiden VVA:n perusteella voidaan näyttää toteen, että mahdollisilla suunnitelluilla muutoksilla voidaan parantaa tuotantoprosessin käytettävyyttä, kun laitteen vikaantumista voidaan ehkäistä muutostöillä. Liitteessä 4 on esitelty yhden laitteen vika- ja vaikutusanalyysi.

Monelle vialle pystyttiin määrittämään mahdolliset vikaantumista estävät ratkaisut ja toimenpiteet, mutta joukkoon mahtui myös useita vikoja, jotka vaativat suunnittelua, rahoitusta ja mahdollisesti konkreettista näyttöä. Helpoimmat vikaantumisen ehkäisykeinot löytyivät esimerkiksi kuljettimien rullista, joiden takia useimmat kuljettimet olivat vikaantuneena liian usein. Nämä vikaantumiset olisi suhteellisen helppo estää, jos laitosmieskierrokset, ennakoivat rullien vaihdot ja rullien tarkastukset lämpökameralla saataisiin toimimaan.

12 Kriittisyysluokituksen ja vika- ja vaikutusanalyysin lopputulosten tarkastelu

Opinnäytetyön tuloksena saatiin kasanpurun tuotantoprosessista PSK 6800 -standardin mukainen kriittisyysluokittelu, sekä siinä kriittisiksi luokitelluille laitteille suoritettua vika- ja vaikutusanalyysi. Valmis kriittisyysluokittelu käytiin kasanpurun toimihenkilöiden kanssa läpi ja todettiin työ hyvin suoritetuksi. Kriittisyysluokittelussa käytettiin standardin mukaista pohjaa ja sen lisäksi vertailtiin yhtiöön aikaisemmin tehtyä pohjaa, joka antoi suuntaa kertoimien määrittämisessä. Standardin mukaista pohjaa jouduttiin mukauttamaan käsiteltävään prosessiin, koska valmiiksi annetut kertoimet eivät olleet täysin sopivia kyseiseen prosessiin.

Vika- ja vaikutusanalyysi suoritettiin kaikille kriittisyysluokituksessa kriittisen pisteen ylittäneille laitteille. Vika- ja vaikutusanalyysi käytiin myös toimihenkilöiden kanssa läpi ja todettiin työ hyvin suoritetuksi. Vika- ja vaikutusanalyysissä tuli vastaan laitteissa olevia kohteita, jotka aiheuttavat laitteisiin vikaantumisia. Nämä vikaantumiset on kuitenkin jo tunnistettu aikaisemmin ja kohteelle on määritetty muutossuunnitelmat, mutta muutostöitä ei ole vielä aloitettu. Tehdyn vika- ja vaikutusanalyysin perusteella voidaan todeta muutostyötä vaativissa palaverissa, että laitteen vikaantumisväliä on mahdollista pienentää suunnitelluilla muutoksilla.

Maximosta haetussa vikaantumisdatassa ilmeni suuria puutteita, jotka olivat tiedostettuina jo ennen työn suoritusta. Vaikeasti saatava data aiheutti kriittisyysluokituksen ja vika- ja vaikutusluokituksen suorituksessa suuria haasteita, mutta tuotantoalueen toimihenkilöiden pitkästä kokemuksesta prosessista oli suuri apu työn suorituksessa.

Työn suorituksen tavoitteena oli parantaa kasanpurun tuotantoprosessin käyttövarmuutta. Tämä parantaminen ei näy viikkojen tai kuukausien aikana. Käyttövarmuuden parantaminen on mahdollista, jos osa vika- ja vaikutusanalyysissä suunnitelluista muutoksista toteutettaisiin, varsinkin ne, joita on suunniteltu jo pidemmän aikaa. Lisäksi kunnossapidon ja tuotannon henkilöstöltä vaaditaan tarkkuutta, ammattitaitoa ja suunnitelmallisuutta töiden suoritukseen ja tuotantolinjaston käynnissä pitoon.

13 Laitteiden ennakko- ja huoltotyöt

Kriittisyysluokituksessa kriittisiksi luokitelluille laitteille suoritettiin ennakko- ja huoltotöiden tarkastus. Tarkastuksen tarkoituksena oli todeta laitteiden ennakko- ja huoltomäärän oikeellisuus ja tarkastaa, onko vika- ja vaikutusanalyyseissä esiin nousseilla kohteilla puutteita ennakko- ja huoltoista. Ennakko- ja huoltotöitä on päivitetty viime vuosien aikana paljon.

13.1 Ennakko- ja huoltojen nykyinen tilanne

Ennakko- ja huoltojen tarkastuksessa jokaisella kriittisellä laitteella oli hyvin mittavat ennakko- ja huollot ja melkein kaikilla kriittisillä komponenteilla oli ennakko- ja huollot. Ennakko- ja huollot ovat siis hyvin ajan tasalla. Ennakko- ja huoltoista löytyi kuitenkin myös pieniä puutteita, joihin aloitettiin puuttuminen työnsuorituksen aikana.

Syöttimissä syöttimien kamiritaloille olisi hyvä laittaa oma ennakko- ja huoltonsa. Kamiritalat monesti tarkastetaan ennakko- ja huoltokokonaisuudessa, joka generoituu kulutuslevyjen ja muiden levyosien tarkastuksen yhteydessä. Tämä ennakko- ja huolto kuitenkin tarkoittaa ennemminkin syöttimen suppilon levytystä ja kavennusosia. Kamiritalojen ennakko- ja huoltoon voisi sisällyttää ritalojen saranoiden tarkastuksen, nostosylintereiden tarkastuksen, nostosylintereiden kiinnityksen tarkastuksen ja kamiritalojen kunnon tarkastuksen. Muuten syöttimien ennakko- ja huollot olivat hyvin ajan tasalla.

Sekundäärikasauksen neljännen kuljettimen ennakko- ja huoltoissa löytyi vain yksi puute. Tämä puute oli 370KUL0004:lla olevan aurakaavarin tarkastus. Kun aloin selvittämään tarkemmin, miksi kyseistä aurakaavaria ei ole ennakko- ja huoltolistassa, niin huomasi, ettei kyseiselle kaavarille ole luotu edes käyttöpaikkaa. Tälle kaavarille on ensimmäiseksi luotava käyttöpaikka ja sitten tehtävä ennakko- ja huolto. Kaavari tulee kuitenkin nykyäänkin tarkastettua kuljettimen rullien tarkastuksen yhteydessä, koska se on näkyvällä ja silmään pistävällä paikalla, mutta käyttöpaikka tulee luoda joka tapauksessa, että kustannukset ja kulumisseuranta pysyvät ajan tasalla. Lisäksi jos tarkastuksen suorittaa uusi henkilö, niin tulee ainakin tarkastettua aurakaavari, kun sen lisää ennakko- ja huoltoreitit.

Sekundäärikasauksen toisen purkausvaunun ennakko- ja huoltoja tarkastellessa ilmeni, että purkausvaunun teleillä oli ennakko- ja huoltoissa kaksi kertaa sama tarkastus. Tämä johtuu siitä, että teleillä on kaksi eri käyttöpaikkaa, jotka ovat 370PVA0002-1, sekä

370PVA0002-2 ja 370TLI0002-1, sekä 370TLI0002-2. Telien tarkastuksissa tulee turhaa hämmennystä, jos samalle käyttöpaikalle on kaksi kertaa saman kohteen tarkastus. Tarkastuksissa oli esimerkiksi kiskopyörien tarkastuksia. Muuten purkausvaunun ennakkohuollot ovat todella kattavat.

Sekundäärikasauksen seitsemännen kuljettimen ennakkohuollot olivat ajan tasalla ja kaikki kriittiset kohteet olivat ennakkohuoltolistalla.

14 Kriittisten varaosien määrittäminen ja tilanne

Kriittiset varaosat on hyvin määritetty kaikille kriittisille laitteille. Kriittisten varaosien varastosaldoa tulee seurata ahkerasti ja varastosta vähennysten on tapahduttava ajallaan, muuten varastosaldojen väärästä määrästä voi koitua suuri tuotannonmenetys.

Syötinten kriittisiä varaosia vika- ja vaikutusanalyysin perusteella ovat kamiritilät, kamiritilän nostosylinterit, kuljetinhihna, hydraulikkakoneikko, vaihteistot ja rummut. Kamiritilöiden varastosaldot ovat kunnossa ja viime kuukausina vaihdetut ritilät kestävät noin puoli vuotta. Nostosylinterien varastosaldot heittelevät välillä rajusti, jos useampi sylinteri sattuu särkymään samanaikaisesti. Sylintereitä tulisi olla 2–3 kappaletta koko ajan varastossa, etteivät varaosat pääse loppumaan yhtäaikaisen vikaantumisen seurauksena. Kuljetinhihnoja on aina varastossa ainakin yksi kappale, joten hihnojen osalta varastosaldot ovat kunnossa. Syötinten vaihteiden varastosaldot ovat myös hyvällä tasolla. Varastossa on laitteille varaosana vaihdelaatikot, jos käytössä olevat sattuvat vioittumaan. Syötinten veto- ja heittorumpujen varastoarvot ovat myös kunnossa. Syöttimille on vararummut veto- ja heittopäähän. Syötinten hydraulikkakoneikot ovat kriittisiä laitteita kummassakin syöttimessä. Hydraulikkakoneikon vikaantuminen estää syötinten kamiritilöiden käytön ja syötinten siirtämisen. Syötinten siirtäminen kuuluu jokapäiväiseen toimintaan ja on erittäin tärkeää tehokkaan tuotannon saavuttamiseksi. Tästä syystä hydraulikkakoneikot luokiteltiin kriittiseksi varaosaksi. Varastosta löytyy kaiken varalta vaihtopumppu ja -moottori, jos käytössä oleva vikaantuu. Syötinten kriittiset varaosat olivat kunnossa.

Sekundäärikasauksen neljännen kuljettimen kriittisiä varaosia ovat oikeastaan pelkästään rumpumoottorit ja kuljettimen hihna. Kriittiseksi voisi luokitella myös kaavarit, mutta niiden vikaantuminen ei aina pysäytä koko kuljetinta välittömästi. Kaavareiden varastosaldot ovat todella hyvät. Rumpumoottoreita on varastossa kahta eri merkkiä ja varastosta löytyy vaihtomoottorit, jos käytössä oleva vikaantuu. Kuljettimelle löytyy varastosta myös varahihna, jos käytössä oleva kuluu loppuun tai repeää.

Sekundäärikasauksen toisen purkausvaunun kriittisiin varaosiin kuuluu heittorumpu, taittorumpu, kiskopyörät, ajomoottorit, vaihteet. Heitto- ja taittorumpuja löytyy varastosta, jos käytössä olevat sattuvat vikaantumaan. Kiskopyöriä, ajomoottoreita ja vaihteita löytyy varastosta ja niiden määrät on mitoitettu siten, että jopa kaksi vaihdetta voi vikaantua yhtä aikaa. Purkausvaunussa on kiskopyöriä, vaihde- ja moottorikokonaisuuksia yhteensä kuusi kappaletta. Purkausvaunun kriittisten varaosien tilanne on myös hyvä.

Sekundäärikasauksen seitsemännen kuljettimen kriittisiä varaosia ovat käännönhammasrattaat, käännönmoottorit, kuljettimen hihna ja rumpumoottorit. Kuljettimeen löytyy varaosana rumpumoottorit molempiin käyttöpaikkoihin. Rumpumoottoreita on käytössä takaisinpyörinnän estolla ja ilman takaisin pyörinnän estoa. Kuljettimen käännönmoottoreita löytyy myös varastosta, jos käytössä oleva sattuu vikaantumaan. Kuljettimen käännön hammasrattaita löytyy varastosta vain pienempiä. Pienempiä hammasrattaita on käytössä kolme kappaletta, ja niitä on varastossa aina yksi kokonainen sarja. Suurempia hammasrattaita on käytössä vain yksi kappale ja sille ei löydy varastosta edes nimikettä tai varaosaa. Suuremman hammasrattaan hampaat eivät kulu nopeasti, kun taas pienemmät hampaat ovat karkaisemattomia ja kuluvat nopeasti, etenkin jos voitelussa tai suojauksessa on puutteita. Suuren hammasrattaan vaihtotyö olisi kohtuuttoman suuri, siksi pienemmät on valmistettu heikommiksi. Suurempaa hammasratasta olisi hyvä olla varastossa edes yksi kappale, mutta toki sen normaali vikaantuminen tapahtuu kulumalla niin hitaasti, että siihen kerkeää reagoimaan ja tarvittaessa tilaamaan varaosan hyvissä ajoin. Kuljettimelle löytyy varastosta vaihtohihna, jos käytössä oleva sattuu vikaantumaan tai kulumaan. Seitsemännen kuljettimen varaosatilanne on kaikin puolin hyvä, lukuun ottamatta käännön suurempaa hammasratasta.

15 Yhteenveto

Tämä opinnäytetyö tehtiin Terrafame Oy:n kunnossapidon toimeksiannosta. Terrafame:ssa on päädytty suorittamaan koko tehtaan alueelle kriittisyysluokittelu ja sen perusteella suoritetaan vika- ja vaikutusanalyysi kriittisiksi laitteiksi luokitelluille laitteille. Tämän tarkoituksena on parantaa käyttövarmuutta koko tehtaan alueella. Vastaavia töitä on suoritettu vuoden aikana kolmelle eri alueelle tämän alueen lisäksi.

Opinnäytetyön tulosten perusteella saatiin selville kasanpurun tuotantoprosessin kriittisimmät laitteet ja niille suoritettiin vika- ja vaikutusanalyysi. Tämän avulla luotiin toimenpideehdotuksia laitteiden ennakkohuoltoihin, rakenteisiin ja käyttöön. Toimenpideehdotusten tarkoituksena on parantaa tuotantoprosessin käyttövarmuutta ja niiden mahdollinen läpivientikriteeri on arvioitava hyötysuhteen perusteella. Puutteita löytyi niin käyttöpaikoissa, kuten myös ennakkohuolloissa, joten niiden määrä tulee kasvamaan hieman, mutta ei radikaalisti.

Opinnäytetyön aihe oli erittäin haastava, koska itselläni ei ollut aikaisempaa kokemusta kriittisyysluokituksesta tai vika- ja vaikutusanalyysin teosta. Työ toi mukanaan tärkeää kokemusta kriittisyysluokituksen teosta ja vika- ja vaikutusanalyysin suorittamisesta ja koin sen suureksi hyödyksi ja tärkeäksi opiksi tulevaisuutta ajatellen. Työn suorituksessa sai tutkia useita eri standardeja ja laajaa kunnossapitoa koskevaa kirjallisuutta. Tutkittava alue oli laajuudeltaan juuri sopiva ja oman haasteensa opinnäytetyössä toi se, että melkein jokainen alueen laite on kriittinen, koska laitekantaa ei ole kahdennettu.

Työnsuorituksessa tuli selvästi ilmi, kuinka Maximon käyttö on parantunut ja työlokia osataan kirjata. Tämä toimenpide kun jatkuisi, niin eri alueille olisi paljon helpompaa ja tarkempaa tehdä kriittisyysluokittelu ja VVA. Laitteiden vikaantumisessa oli huomattavissa myös positiivinen suunta. Esimerkiksi pelkästään hihnanohjainten vaihtamisella V-mallisiksi on ollut suuri hyöty linjaston käyttövarmuuden parantamiseen.

Opinnäytetyön suorittamista eniten vaikeutti tai ainakin hidasti Maximon sekavuus. Monet työt oli aikaisempina vuosina kirjattu väärin ja työhistoriasta ei saanut selvää, onko työllä tehty mitään. Maximon lisäksi tuotannonseurantaohjelmasta jouduttiin tarkastelemaan, onko linjasto ollut pysähdyksissä, jos vuorokirjaukset olivat oikein.

Lähteet

- (1) Kotisivut. Terrafame Oy. Terrafame yritysesittely. <http://www.terrafame.fi/terrafame-oy.html>. Haettu 20.3.2018
- (2) Terrafame Oy. Terrafamen tuotantoprosessi. Terrafamen koulutuskäyttöön tarkoitettu materiaali. 2017.
- (3) SFS Suomen Standardisoimisliitto ry. SFS-EN 13306. Kunnossapidon terminologia. 2. painos 2010
- (4) PSK Standardisointiyhdistys ry. Standardi PSK 7501. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2. painos 2010.
- (5) Järviö J., Piispa T., Parainen T., Åhlström T. Kunnossapito. KP-media Oy; 4. painos 2007.
- (6) Maximo-koulutus. Terrafamen sisäinen koulutusmateriaali. Terrafame Oy. 5/2017
- (7) Maximo 7.6 käyttöpaikat, hierarkiat, laitteet ja varaosat. Terrafamen koulutuskäyttöön tarkoitettu materiaali. 2017
- (8) Maximo 7.6 työtilaushistoria. Kunnossapitojärjestelmä
- (9) Prosessin kuvaus – kasanpurku. Terrafamen sisäinen koulutusmateriaali. 2017.
- (10) Mikkonen, H. Kuntoon perustuva kunnossapito. KP-Media Oy; 1. painos 2009.
- (11) PSK Standardisointiyhdistys ry. Standardi PSK 6800. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa 2008.
- (12) Ramentor. Käyttövarmuuden perusteita. Kajaani 28–29.9.2017, Turkka Lehtinen.
- (13) Metropolia wiki SFS 5438. <https://wiki.metropolia.fi/pages/viewpage.action?pageId=108375219>. Haettu 22.3.2018.

Terrafame Oy
Primääriskasan purku, sekundääriskaus
Juha Huotari

26.4.2018

Krittisyyden raja-arvo
1500
Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp 100

| Toimintopaikan tunnistus | Toimintopaikan nimitys | Vikaantumisväli (1...8) | Turvallisuus (0...16) | Ympäristö 0...16 | Liikkeen menetyksen painoarvo (0-1) | Tuotannon menetyksen (0...4) | Loppu- tuotteen laatuksen tunnus (0...4) | Korjaus- kustannus (0...4) | Krittisyyden indeksi | Krittisyyden osaindeksi | | | | | |
|--------------------------|---|----------------------------|--------------------------|---------------------|---|------------------------------------|---|----------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----|------|-----|-----|--|
| | | Painoarvot W -> | 30 | 20 | | 100 | 30 | 20 | | Ks | Ke | Kp | Kq | Kr | |
| 365MRK0004 | Seulanmurskain, ALLU M 3-25 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 120 | 0 | 0 | 0 | 120 | 0 | |
| 365STN0001 | Hihnasydin 1, PKP | 8 | 0 | 2 | 0,5 | 1 | 1 | 4 | 1600 | 0 | 320 | 400 | 240 | 640 | |
| 365STN0002 | Hihnasydin 2, PKP | 8 | 0 | 2 | 0,5 | 1 | 1 | 4 | 1600 | 0 | 320 | 400 | 240 | 640 | |
| 365KUL0001 | Kuljetin 1, PKP 365STN0001 hihnasydin 1:n jälkeen | 8 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 0 | 4 | 1040 | 0 | 0 | 400 | 0 | 640 | |
| 365KUL0002 | Kuljetin 2, PKP 365STN0002 hihnasydin 2:n jälkeen | 8 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 0 | 4 | 1040 | 0 | 0 | 400 | 0 | 640 | |
| 365.SV0001 | Latausvaunu 1, PKP | 4 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 0 | 4 | 520 | 0 | 0 | 200 | 0 | 320 | |
| 365.SV0002 | Latausvaunu 2, PKP | 8 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 0 | 4 | 1040 | 0 | 0 | 400 | 0 | 640 | |
| 365KUL0003 | Siltakuljetin PKP | 8 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 | 1440 | 0 | 0 | 800 | 0 | 640 | |
| 365.S.V0003 | Latausvaunu 3, PKP | 8 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 | 1440 | 0 | 0 | 800 | 0 | 640 | |
| 365KUL0005 | Keskikaistakuljetin, PKP | 8 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 | 1440 | 0 | 0 | 800 | 0 | 640 | |
| 365SUP0001 | Purkusuuppio, 365KUL0005 PKP keskikaistakuljetin | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 | 720 | 0 | 0 | 400 | 0 | 320 | |
| 365KUL0006 | Kuljetin 6, PKP | 8 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 | 1440 | 0 | 0 | 800 | 0 | 640 | |
| 365SUP0002 | Purkusuuppio, 365KUL0006 PKP kuljetin 6 | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 | 720 | 0 | 0 | 400 | 0 | 320 | |
| 370KUL0001 | Kuljetin 1 | 8 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 | 1440 | 0 | 0 | 800 | 0 | 640 | |
| 370SUP0006 | Purkusuuppio, 370KUL0001 tripperitomi | 8 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 | 1440 | 0 | 0 | 800 | 0 | 640 | |
| 370KUL0002 | Keskikaistakuljetin SK lohkoilla 3 ja 4 | 8 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 | 1440 | 0 | 0 | 800 | 0 | 640 | |
| 370PV/A0001 | Purkausvaunu 1 keskikaistakuljettimella | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 | 720 | 0 | 0 | 400 | 0 | 320 | |
| 370SUP0003 | Suppilo 3 | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 | 720 | 0 | 0 | 400 | 0 | 320 | |
| 370KUL0004 | Kuljetin 4 | 8 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 4 | 2240 | 0 | 0 | 1600 | 0 | 640 | |
| 370SUP0004 | Latausuppio 4A, 370KUL0006 SK siltakuljetin länsipää/ Latausuppio | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 | 720 | 0 | 0 | 400 | 0 | 320 | |
| 370KUL0006 | SK Siltakuljetin | 8 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 | 1440 | 0 | 0 | 800 | 0 | 640 | |
| 370PV/A0002 | Purkausvaunu 2 siltakuljettimella | 8 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 4 | 2240 | 0 | 0 | 1600 | 0 | 640 | |
| 370SUP0005 | Suppilo 5 | 4 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 4 | 1120 | 0 | 0 | 800 | 0 | 320 | |
| 370KUL0007 | Kasauskuljetin | 8 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 4 | 2240 | 0 | 0 | 1600 | 0 | 640 | |

[illegible]

[illegible]

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------------------|---------------------------|--|---|---|---|---|--|--|---|----|--|------------------|---|---|---|---|
| 1600 | Hihnasydin 1, PKP | Kuljetinulat, kuormanulat | Rullierikki, laakerointi tai pinta | Voi vedä hihnaa sivuun, Laakeri ääntää ja rulla lämpimää | 2 | Rikkoutunut laakerointi, kiinnityspiste tai hajennut pinta | 4 | Rullien kumonvalvonta, vaihto huoltoseisokissa | Laakeri ääntää, hihna menee sivuun | 1 | 8 | Rullien vaihto, kun on vitteitä sätkymisestä. Rullien tarkastus lämpökameralla | Kupi | 2 | 3 | 1 | 6 |
| 1600 | Hihnasydin 1, PKP | Kaavari | Kaavari pyörittää ympäri, terät kuluvat | Hihna ilkaantuu, voi iskeä hihnaan jäljen | 2 | Kuluminen, väärin asennus | 4 | Kaavarien kumon tarkastus, seisokki huoliot | Hihnalikaantuu, kaavari on mukakalla, kynsi puuttuu | 1 | 8 | Kaavarien säännöllisen huollon parantaminen, kaavareiden terien tiheampi vaihto sykli | Kupi | 2 | 2 | 1 | 4 |
| 1600 | Hihnasydin 1, PKP | Hihnanohjaimen rullat | Rullat kuluvat, ohjain ei ohjaa hihnaa, kääntölaakeri hajonnut | Hihna ohjautuu sivuun, ei voi vaihtaa ohjaimen asentoa | 2 | Kuluminen, kääntölaakerin hajoaminen | 4 | Rullien kumon tarkastus, kääntölaakerin toimimisen tarkastus | Hihna ajautuu sivuun, hihnan ohjaimen asennon muutos vaikeaa | 1 | 8 | Rullien vaihtosyklin tihentäminen, kääntölaakerin toiminnan tarkastaminen tiheämmiin | Kupi | 2 | 2 | 1 | 4 |
| 1600 | Hihnasydin 1, PKP | Hihna | Hihnan sivuun ajautuminen, hihnan rikkoutuminen, | Hihnan kiertäminen, hihnan vaihto, kuljetettimen taittorummun suoruuden tarkastus | 3 | Hihnan kuluminen, taittorummun kiero asento, hihnan löystyminen | 5 | Hihnan kumonvalvonta, taittorummun suoruuden tarkastaminen | Hihna ajautuu sivuun, hihna hajoaminen | 2 | 30 | Hihnan kiristysen muuttaminen, hihna tyyppiin muuttaminen, hihnan kumonvalvontan ylläpitäminen | Kupi | 2 | 2 | 1 | 4 |
| 1600 | Hihnasydin 1, PKP | Kavennusosat | Kavennusosat kuluvat puhki | Alaaita voi pudota hihnaa vasten ja halkaista hihnan | 3 | Kavennusosat kuluvat puhki | 3 | Kavennusosien kumontarkastus ja oikean aikainen vaihto | Kavennusosien kuluminen | 1 | 9 | Kavennusosien vaihto syklin pitäminen, mahdollinen kavennusosien rakenteen muutos, | Kupi | 3 | 1 | 1 | 3 |
| 1600 | Hihnasydin 1, PKP | Tärymoottorit | Tärymoottorit irtoavat kiinnityksestä, tärymoottorit hajoavat | Tärymoottori poistettava/ vaihdettava | 2 | Tärymoottori hajoaa, hitsaus petää | 3 | Tärymoottorin kumon seuranta, tärymoottorin kiinnityksen tarkastaminen | Tärymoottori putsoaa, tärymoottori antaa vikatedon | 1 | 6 | Hitsauksen/kiinnityksen parantaminen | Kupi | 2 | 2 | 1 | 4 |
| 1600 | Hihnasydin 1, PKP | Reunakumit | Reunakumit kuluvat | Ripitys | 2 | Kuluminen | 4 | Reunakumujen aikaistettu säätö, Reunakumujen vaihto | Reunakumien välisiä ripittää maininta | 1 | 8 | Reunakumujen säätötarpeen tarkastus x-tai y-sirroissa, emakoitu vaihto, emakoitu säätäminen | Kupi ja tuotanto | 2 | 2 | 1 | 4 |
| 1600 | Hihnasydin 1, PKP | Hydrauliikkakoneikko | Öljy vähissä | Öljyvähissä, Hydrauliikka ei lähde päälle, syirtireijä ei voi käyttää | 2 | Öljyvuodot | 5 | Öljyn lisäys emmen alarajaa, öljyn lisäys letkuriokojen jälkeen | Syirtireitit eivät toimi, ei anna käynnistää hydrauliikkaa | 2 | 20 | Öljyn lisäys mahdollisten letkuriokojen ja vuotojen jälkeen, Öljyn lisäys x-siirron tai huollon aikaan jos pinta on alhainen | Kupi, tuotanto | 2 | 2 | 2 | 8 |